

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO.
INSTITUTO DE FÍSICA.
LICENCIATURA NOTURNA EM FÍSICA.

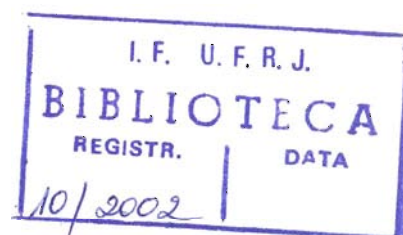
GABRIEL MANOEL DA COSTA CORDEIRO

A UTILIZAÇÃO DA MÚSICA
COMO ESTÍMULO E
FIXADOR DE CONCEITOS
NO ENSINO DA REFRAÇÃO
NA ÓTICA GEOMÉTRICA

Dissertação apresentada ao curso
de graduação de Física da
Universidade do Brasil (UFRJ) ,
como requisito parcial para a
obtenção do grau de Licenciando
em Física.

Orientadora: Lígia F. Moreira.
ligia@if.ufrj.br

RIO DE JANEIRO
AGOSTO - 2002



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO.
INSTITUTO DE FÍSICA.
LICENCIATURA NOTURNA EM FÍSICA.

GABRIEL MANOEL DA COSTA CORDEIRO

A UTILIZAÇÃO DA MÚSICA
COMO ESTÍMULO E
FIXADOR DE CONCEITOS
NO ENSINO DA REFRAÇÃO
NA ÓTICA GEOMÉTRICA

Dissertação apresentada ao curso
de graduação de Física da
Universidade do Brasil (UFRJ) ,
como requisito parcial para a
obtenção do grau de Licenciando
em Física.

Orientadora: Lígia F. Moreira.
ligia@if.ufrj.br

RIO DE JANEIRO
AGOSTO - 2002

Sumário

Agradecimentos.....	03.
Resumo.....	05.
1. Introdução.....	06.
2. Justificativa.....	11.
3. Objetivo.....	15.
4. Desenvolvimento do Projeto.....	15.
4.1. Estratégias propostas no PCN.....	15.
4.2. Tópicos do programa da prova de EEAR	17.
4.3. Metodologia.....	17.
4.4. Estratégia.....	17.
4.4.1. Aplicação do pré-teste.....	17.
4.4.2. Apresentação da aula teórica.....	17.
4.4.3 Apresentação da aula com música.....	24.
4.4.4 Aplicação do teste.....	30.
4.5. Análise dos resultados.....	31.
4.5.1. Análise das questões do pré-teste.	31.
4.5.2. Análise da aplicação do pré-teste.	38.
4.5.3. Análise das questões do teste.	44.
4.5.4. Análise da Aplicação do teste.....	51.
6. Conclusão.....	61.
7. Bibliografia.....	64.
8. Anexos.....	65.
Anexo I. Letra da Música.....	65.
Anexo II. Pré-teste.....	66.
Anexo III. Teste.....	68.
Anexo IV. Biografia do Prof. Pachecão.....	70.

Agradecimentos.

A realização dessa monografia é o fruto de seis anos de estudos desenvolvidos durante o curso de licenciatura em física da Universidade Federal do Rio de Janeiro, aonde tive contato com grandes mestres, que sem dúvida, contribuíram para minha formação teórica e pessoal. Dentre eles gostaria de citar os professores Artur Chaves, Deise M. Vianna, Adir Moysés Luiz, Teresa Stuchi, Fernando de Sousa Barros, Raul Donangelo além de outros. Três agradecimentos especiais. O primeiro para o professor Francisco Cordeiro pelo trabalho desenvolvido em conjunto durante o curso de Didática Especial em ensino de Física em 2001, que tanto me abriram os horizontes e me deram novo ânimo para essa desafiadora e importante missão: facilitar o aprendizado. O segundo para esse ícone na pesquisa do ensino de física, professora Susana de Sousa Barros, que foi a primeira pessoa a me apresentar à senda da educação quando os meus primeiros anseios eram o bacharelado, nossos encontros sempre geravam novas idéias e novas maneiras de olhar o problema e apontar outras soluções. O terceiro à professora Lígia F. Moreira que com sua dedicação aos alunos e seus projetos, sua presença de espírito, sempre alegre e sorridente, sem perder a seriedade e acima de tudo por não ter medo de ousar, me conduziu com sua orientação nessa monografia, que espero não seja de fim de curso, mas de um novo recomeço.

Gostaria também agradecer a todos os alunos com que tive o prazer de conviver e compartilhar conhecimento nesses quatro anos de magistério. Aqueles que me fizeram pensar, que apontaram meus erros, que me levaram a buscar outras metodologias de ensino afim de motivá-los e que são o objeto e o objetivo do presente trabalho. Pedir desculpas a todos aqueles que confiando no professor aprenderam coisas que hoje percebo estavam erradas. Sem vocês com certeza não seria o profissional que sou agora.

Ao destino por ter me conduzido em “uma alegre tarde de sábado no shopping” ao canto mais remoto de uma loja de cd’s e me apresentado o cd do Professor “Pachecão”. Divisor de águas entre as aulas que ministrava antes tipicamente “quadro & giz”, dos mini shows de que tanto os alunos gostam.

Ao Pachecão por sua ousadia e aos outros “pachecões” que ainda não foram descobertos.

Agradecer à minha família, minha esposa Ana Paula e minha filha Ana Gabriela pelo tempo que não pude compartilhar de suas companhias devido às aulas ou as tardes de domingo em frente ao computador.

Enfim, a todas as pessoas que me ajudaram a concretizar este trabalho, pelo meu desenvolvimento profissional e humano e que sem querer ou por falta de espaço esqueci de mencionar seus nomes.

Resumo

Lecionando em turmas preparatórias aos concursos de admissão para escolas de formação das Forças Armadas, nesses quatro anos, pude constatar que o mesmo desânimo e falta de motivação apresentada pelos alunos do ensino regular e enfrentado pelos professores ocorre nessa modalidade de “ensino”. O que parece contraditório, uma vez que esses cursos são pagos.

Enfrentando essa realidade, busquei novas metodologias que pudessem mudar esse quadro geral e motivassem os alunos para o estudo da Física. Encontrei na utilização da música uma maneira lúdica e eficaz de aumentar o interesse da classe e do nível de participação dos alunos durante as aulas.

Neste trabalho analisamos o desempenho dos alunos de quatro turmas preparatórias às escolas militares quando submetidos ao estudo da refração da luz utilizando a música. Estaremos utilizando a faixa nº. 14 do CD ADORO FÍSICA.

Nosso principal objetivo será o de tentar mensurar os possíveis benefícios que essa metodologia pode trazer para a memorização dos conceitos desenvolvidos na sala e trabalhadas na letra da música.

1. Introdução

Quando perguntamos a algum aluno do ensino médio, no início de um ano letivo, o que eles acham sobre a Física, é comum ouvir frases do tipo: “*Eu detesto Física!*” ou “*Gosto, mas não entendo*” ou ainda “*Durante as aulas até que entendo, mas... na hora da prova fico nervoso e não consigo fazer as contas direito*”.

Não é mistério para ninguém que a mesma pergunta, feita aos alunos do curso superior, tenha respostas muito parecidas, até mesmo entre aqueles que optam pelos cursos de licenciatura (a relação candidato-vaga para Física, que é uma das menores, nos dá indícios acerca desse pavor).

Qual a origem dessa aversão por uma matéria que tanto contribui para que possamos entender esse maravilhoso mundo ao nosso redor? O trabalho exposto no livro “*Ciências no Ensino Fundamental : O conhecimento científico*” (1) sinaliza-nos com uma luz nesse mar de incertezas.

Ao desenvolver um trabalho voltado para as séries iniciais do ensino fundamental, os autores conseguem atingir dois objetivos: abranger o maior número de alunos com seu projeto e iniciar sua “socialização” com os conceitos científicos, de modo que essa primeira aproximação não seja “traumática.” Citando sua introdução:

“Se esse primeiro contato for agradável, se fizer sentido para as crianças, eles gostarão de Ciências e a probabilidade de serem bons alunos nos anos posteriores será maior. Do contrário, se esse ensino exigir memorização de conceitos além da faixa etária e for descompromissado com a realidade do aluno, será muito difícil eliminar a aversão que eles terão pelas Ciências.” (1-pág 6)

Quem não se lembra dos inúmeros “questionários” ou “complete as lacunas” a que muitos de nós fomos escravizados? Entretanto, ao analisarmos esse fragmento a seguir, retirado do PCN- Ciências Naturais, veremos que não basta apenas mudar as propostas de currículos. É necessário, antes de tudo,

“ganhar” o docente para essa proposta e dar-lhe condição de efetivar sua prática.

“Quando foi promulgada a Lei n. 4.024/61, o cenário escolar era dominado pelo ensino tradicional, ainda que esforços de renovação estivessem em processo. Aos professores cabia a transmissão de conhecimentos acumulados pela humanidade, por meio de aulas expositivas, e aos alunos, a absorção das informações. O conhecimento científico era tomado como neutro e não se punha em questão a verdade científica. A qualidade do curso era definida pela quantidade de conteúdos trabalhados. O principal recurso de estudo e avaliação era o questionário, ao qual os alunos deveriam responder detendo-se nas idéias apresentadas em aula ou no livro-texto escolhido pelo professor”. (2- pág 19)

Entenda, a Lei n. 4.024 foi promulgada em 1961, como uma tentativa de extinguir a prática do ensino tradicional. Levando-se em conta que nasci em 1970 e que iniciei minha vida escolar de forma normal aos sete anos, isto é, em 1977, teremos 16 anos desde sua promulgação. Antes disso, ela foi substituída pela Lei 5.692/1971, aonde, inclusive, o estudo de Ciências Naturais passou a ter o caráter obrigatório nas oitos séries do antigo primeiro grau. E não me lembro de ter sido ensinado, ao longo de toda trajetória do ensino fundamental, passando pelo médio e até mesmo pelo curso de Formação de Professores de Física (em uma Universidade tão credenciada como a UFRJ), de modo diferente. (Salvo raras exceções, que por tal comportamento correm o risco de serem queimados na fogueira das vaidades).

Num primeiro momento, acreditava-se que a salvação do ensino de Física estava no simples processo de experimentação, pois dessa forma, o aluno assumiria um papel participativo e, ao redescobrir um determinado conceito, estaria adquirindo o conhecimento científico. Essas conclusões falharam ao não se levar em consideração as escolas – e foram muitas - que por despreparo dos professores ou pela falta do local e materiais para as experiências, não efetivaram a proposta. Comprovou-se que mesmo naquelas aonde o trabalho foi

desenvolvido, *“a simples experimentação não garantia a aquisição do conhecimento científico”*.

Com valorização dos aspectos psicológicos em função dos aspectos puramente lógicos, as contribuições de Jean Piaget, com sua teoria das fases psicogenéticas, evidenciaram a importância de levar em conta a faixa etária do desenvolvimento mental da criança. Sua proposta concretizava-se em prática didática, ao propor atividades em que, partindo-se de uma fase, conduz-se o indivíduo a outra acima - em nosso caso particular, do concreto para o simbólico-abstrato. Outra contribuição importante vem do psicólogo russo Lev. S. Vygotsky. Para ele, a construção do conhecimento acontece pela interação do indivíduo com o objeto do conhecimento, onde *“a linguagem humana, sistema simbólico fundamental na mediação entre sujeito e objeto de conhecimento, tem para Vygotsky, duas funções básicas: a de intercâmbio social e a de pensamento generalizante”* (3 – pág 27).

O papel do aluno no processo didático começava a mudar. De simples observador começa a ser encarado como norteador do processo de aprendizagem e novas propostas surgem no sentido de valorizar sua participação.

Abordagens construtivistas apontam para o fato de ser essencial, para a construção do conhecimento científico do aluno, que dois pressupostos básicos sejam observados:

“A aprendizagem provém do envolvimento ativo do aluno com a construção do conhecimento e as idéias prévias dos alunos têm papel fundamental no processo de aprendizagem, que só é possível embasada naquilo que ele já sabe”.(2 – pág 23)

Apesar dos inúmeros trabalhos enfatizando a necessidade de revisão, com introdução de inovações no ensino de ciências, a realidade que persiste nos diversos níveis de ensino mostra professores usando práticas rotineiras e mecânicas e alunos, de forma passiva, ouvindo e copiando APENAS PREOCUPADOS COM O EXAME FINAL.

A “triade” proposta nos PCN’s fundamentada na experimentação, no enfoque histórico e na contextualização do conhecimento parece ser a chave do mistério. Com uma boa aula planejada nesses alicerces conseguiríamos envolver boa parte dos alunos atraindo-os com o tema que mais se identificam. Por exemplo, a discussão sobre o caráter da luz como uma onda ou como partícula pode bem ser trabalhado sobre a visão histórica e desta forma alcançar os objetivos propostos com aquela parcela de alunos que melhor se adaptam a uma proposta mais teórica. Para alunos “mais agitados” a construção de aparelhos e kit’s que demonstrem experimentalmente os conceitos abordados pode levá-los a atingir nossos objetivos. Outro processo importante é a contextualização, principalmente quando aborda aspectos tecnológicos aonde a curiosidade do aluno serve como ponte para a concretização do aprendizado. Por isso, é muito importante que o conhecimento prévio do aluno seja avaliado logo nos primeiros dias letivos, para que dessa forma, o planejamento da melhor estratégia a ser seguida não fuja de sua realidade.

Outro aspecto essencial para a realização de um bom trabalho é ter em mente a importância do caráter de interdisciplinaridade que tem de ser desenvolvido com os demais membros do corpo docente.

Entretanto como vencer a situação inicial de desânimo e desinteresse dos alunos? Nenhum planejamento, por mais bem preparado que seja, consegue resistir a um corpo discente que já chega com a idéia formada de que: *“física é uma chatice com um monte de fórmulas para decorar...”*

Motivação! Parece ser este o “elo perdido” nesta corrente de propostas.

Como motivar os alunos? É preciso ter claro que os processos que servem muito bem para a turma “X” podem ser totalmente equivocados para a turma “Y”. Entretanto, em qualquer procedimento o aspecto lúdico deve ser considerado. Atualmente novas metodologias estão sendo propostas à luz das pesquisas de ensino de física e de maneira mais oficial através dos PCN’s. Dentre elas, as que relacionam a atitude lúdica ao ato de aquisição do conhecimento.

Desta forma, “Se o ato de brincar implica na utilização de regras ou no domínio de uma habilidade, o aprendizado será intrínseco ao ato de jogar com aquele material ou idéia. Assim sendo, mesmo numa brincadeira aparentemente desinteressada, o sujeito pode se ‘abastecer’ inconscientemente de informações (através de sua ação)” (4 - -pág128).

A proposta que apresentaremos parte do pressuposto que o aprendizado é resultante de um processo interno ao sujeito que realiza operações, que como ações interiorizadas - segundo o modelo piagetiano de construção de conhecimento – não se reduz à forma.

Assim as sensações aprendidas pelos sentidos são “absorvidas’ e reestruturadas logicamente pelo sujeito, dentro do patamar cognitivo em que ele está” (4-pág128).

2. Justificativa

Tenho lecionado em cursos preparatórios às escolas militares a quatro anos e, a não ser pelas aulas durante o estágio no colégio Pedro II, toda minha experiência docente ocorreu em um ambiente bem diferente do enfrentado pela maioria dos colegas, que começam sua carreira em escolas públicas e/ou particulares. Um aspecto marcante que diferencia as duas realidades é que no ensino regular o aluno está obrigado – pelo estado – a freqüentar as aulas. Enquanto isso, nos “cursinhos” os alunos pagam para aprender tudo aquilo que durante seu período letivo normal se recusaram ou foram impossibilitados de aprender.

No ensino regular a falta do professor é motivo de festa. No ensino “irregular” a falta pode transforma-se em demissão.

É muito comum nos meios acadêmicos o debate acalorado acerca do papel nefasto e puramente comercial dos cursinhos pré-vestibulares, de seu papel nocivo na formação plena do indivíduo. Entretanto, sem querer me aprofundar nesse debate, seja pela falta de concursos públicos ou pelos baixos salários oferecidos pela rede privada regular, esse é o mercado que mais absorve os profissionais formados em nossa área.

Nestas instituições, os profissionais de educação, são contratados para cumprir um objetivo, realizar em um período de tempo – que varia de concurso para concurso – o “milagre da multiplicação do conhecimento”. Como disse, anteriormente, o presente trabalho não tem por objetivo analisar os prós e os contras dessa modalidade de “ensino”. Mas sim, analisar um problema comum em ambas modalidades: o desinteresse e o pré - conceito de que *“a física é chata”*.

Parece um paradoxo, como as pessoas pagam um curso preparatório e não gostam de freqüentar determinadas aulas. Provavelmente porque mais terrível que o preço da mensalidade sejam aulas totalmente fora de suas realidades. Aulas essencialmente centradas num formalismo matemático que elas não dominam ou talvez um trauma anterior criado por algum professor...

Vivenciava uma experiência semelhante durante os primeiros anos de minha prática como professor: gastava várias horas preparando aulas que levavam em consideração os preceitos apontados pelos PCN's e discutido em várias ocasiões na UFRJ, em outros momentos uma experiência simples ou mesmo quando possível à utilização de vídeos. Entretanto, apesar dos bons resultados, um determinado número de alunos ainda se mostravam resistentes ao estudo da física.

Já tinha me dado por vencido, quando em fevereiro de 2000 tive acesso ao cd do professor de física mineiro “Pachecão”. Trata-se de um professor especializado com o público de pré-vestibular. Nesse cd, diversos conceitos da física que são amplamente cobrados nas provas de admissão foram transformados em letras de músicas com os mais variados estilos. Acompanhando os conceitos as letras são recheadas de insinuações picantes tão características das letras de música nordestina. Talvez seja esse o segredo do seu sucesso: aliar o objetivo de fixar os conceitos físicos presentes na música com a idade hormonal de sua platéia.

Comecei a utilizá-las com uma turma preparatória à escola de sargentos da Força Aérea. Lecionava o que se convencionou chamar de Física 2 (Termologia, Ondas & Ótica) e Física 3 (Eletromagnetismo). Como é característico em curso desse tipo, o número de tempo de aulas é reduzido, desta forma, utilizava as músicas ao fim de cada aula para reforçar os conceitos desenvolvidos.

O resultado que obtive de forma imediata não foi o que esperava. No início de cada aula aplicava pequenos testes para medir a aquisição dos conceitos desenvolvidos nas aulas anteriores, os resultados apresentavam uma evolução, mas, nada que fosse realmente significativo. Entretanto, algo surpreendente ocorreu! A sala, ao contrário das vezes anteriores, agora ficava cheia até o fim da aula. Todos esperando o “Professor maluco” colocar a música da aula.

Desta forma, as aulas começaram a ficar concorridas com a presença, inclusive, de alunos de outras turmas. Também, é verdade que tive de enfrentar alguns obstáculos – a desconfiança da coordenação com a “nova metodologia” ou com o barulho ocasionado, que por algumas vezes, atrapalharam a aula de algum colega ou mesmo com alguns alunos que achavam tudo “uma babaquice”

- mas, ao fim, todos estavam felizes pelos corredores cantarolando : “Mi zero i sobre dois pi dê. Mi zero i sobre dois erre...”¹

Muitos professores poderiam estar pensando: Qual a real utilidade de propor aos alunos que escutem as músicas ? Não seria melhor indicar no livro os capítulos que necessito para que desta forma os alunos aprendam e eu possa continuar o programa? Minha sala ficaria uma bagunça! E o que a diretora iria dizer?

Em muitas escolas, esse pode ser o pensamento de alguns professores de Física. Como introduzir uma prática que não lhes foi ensinada na universidade?

Entretanto, é isso que seus alunos mais gostam na escola. A hora do recreio onde, entre amigos e longe da figura do “educador”, podem brincar e construir seus próprios conceitos, ou *“Alguém pode garantir que a resolução de um exercício, ou a “explicação” de um conceito, ou a cópia ou uma prova...Ou qualquer outra “metodologia de ensino” tradicional ensina com precisão e determinação um certo conceito?”*(4-pág128), [7].

Outro aspecto que merece ser ressaltado é o de que a prática da atividade musical, não se prende a sala de aula. Cada aluno, de maneira espontânea e seguindo seu próprio ritmo, poderá escutar o cd, enquanto desenvolve outras atividades e se ver em determinado momento refletindo sobre determinado conceito trabalhado na sala de aula. Por meio das músicas os alunos não apenas vivenciam situações que se repetem nas letras, mas aprendem a lidar com símbolos e a pensar por analogia (jogos simbólicos): os significados das coisas passam a ser imaginados por elas. Ao criarem essas analogias, tornam-se produtoras de linguagens, criadoras de convenções, capacitando-se para se submeterem às regras e dar explicações(8-pág 48).

Ao fim do curso, os alunos prestam os exames em que estão escritos e encerram dessa forma um ciclo. Ao encontrar alunos do período anterior seja novamente em sala de aula ou em um encontro casual no ponto do ônibus ou supermercado um aspecto é sempre ressaltado: A importância que teve a música durante a realização da prova – *“Na hora de fazer a questão a musiquinha ficava cantarolando no meu ouvido”* , *“Era só lembrar da letra é*

¹ Fórmula para calcular o módulo do campo magnético produzido ao redor de um fio e no centro de uma espira.

marcar a alternativa” ou “Já faz tanto tempo e eu continuo lembrando das músicas”.

Qual seria o papel da utilização da música na aquisição dos conceitos básicos e na estimulação dos alunos? Podemos realmente encontrar resultados positivos ou tudo não passa de um equívoco?

3. Objetivo

Este trabalho tem como principal objetivo avaliar o desempenho de alunos de turmas preparatórias às escolas militares - no nível do ensino médio - quando submetidos ao estudo da ótica geométrica – no tópico sobre a refração da luz – utilizando a música nº. 14 “ Bateu, Bateu e Entrou ” do CD ADORO FÍSICA.

4. Desenvolvimento do Projeto

4.1. Estratégias propostas no PCN [2]

Competências e habilidades a serem desenvolvidas em Física

Representação e comunicação

- Compreender enunciados que envolvam códigos e símbolos físicos. Compreender manuais de instalação e utilização de aparelhos.
- Utilizar e compreender tabelas, gráficos e relações matemáticas gráficas para a expressão do saber físico. Ser capaz de discriminar e traduzir as linguagens matemática e discursiva entre si.
- Expressar-se corretamente utilizando a linguagem física adequada e elementos de sua representação simbólica. Apresentar de forma clara e objetiva o conhecimento apreendido, através de tal linguagem.
- Conhecer fontes de informações e formas de obter informações relevantes, sabendo interpretar notícias científicas.
- Elaborar sínteses ou esquemas estruturados dos temas físicos trabalhados.

Investigação e compreensão

- Desenvolver a capacidade de investigação física. Classificar, organizar, sistematizar. Identificar regularidades. Observar, estimar ordens de grandeza, compreender o conceito de medir, fazer hipóteses, testar.
- Conhecer e utilizar conceitos físicos. Relacionar grandezas, quantificar, identificar parâmetros relevantes. Compreender e utilizar leis e teorias físicas.
- Compreender a Física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos. Descobrir o “como funciona” de aparelhos.
- Construir e investigar situações-problema, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, prever, avaliar, analisar previsões.
- Articular o conhecimento físico com conhecimentos de outras áreas do saber científico.

Contextualização sócio-cultural

- Reconhecer a Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico.
- Reconhecer o papel da Física no sistema produtivo, compreendendo a evolução dos meios tecnológicos e sua relação dinâmica com a evolução do conhecimento científico.
- Dimensionar a capacidade crescente do homem propiciada pela tecnologia.
- Estabelecer relações entre o conhecimento físico e outras formas de expressão da cultura humana.
- Ser capaz de emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos físicos e/ou tecnológicos relevantes.

4.2. Tópicos do programa da prova de EEAR.

Óptica:

- a) Luz -fenômenos luminosos, tipos de fontes e meios de propagação;
- b) Princípios da ótica geométrica;
- c) Reflexão -conceito, leis e espelhos planos
- d) Refração -conceito, leis, lâminas, prismas.

4.3. Metodologia

Para alcançar nosso objetivo, analisarei o desenvolvimento, dentro do programa de óptica, dos tópicos relativos ao estudo da refração da luz em três turmas preparatórias ao concurso de sargento especialista da Aeronáutica e uma turma preparatória ao concurso da Escola Naval.

4.4. Estratégia

4.4.1. Aplicação do pré-teste

Com o intuito de avaliar os conhecimentos prévios nas quatro turmas, será aplicado um pré-teste com questões abordando o estudo da refração. De posse desses dados poderemos ter um referencial acerca do progresso ou não, da utilização da música na aquisição de determinados conceitos.

O pré - teste constará de dez questões, de provas anteriores, abrangendo alguns tópicos sobre refração. Destas questões, seis são puramente teóricas e quatro envolvem algum tipo de formulação matemática. Um comentário sobre cada questão será realizado durante a análise dos resultados.

4.4.2. Apresentação da aula teórica

De forma geral, o programa sobre a refração da luz, desenvolvido pelos livros listados na bibliografia, referências [6], [10], [11], [12], [13], e [14], apontam o desenvolvimento dos seguintes tópicos:

A. Conceito de refração: A refração é classificada como a variação da velocidade em função da mudança do meio de propagação. Neste momento é ressaltado que essa refração pode ocorrer com o desvio do raio de luz de sua trajetória original ou não quando o ângulo de incidência for 0° . Outro aspecto é que conceitos básicos com as definições de ângulo de incidência, ângulo de refração, reta normal, raio incidente e raio refratado são apresentados nesse momento.

B. Definição do índice de refração absoluto: Para um raio de luz monocromático – esse também é o momento, caso ainda não tenha sido feito, de definir o conceito de luz mono e policromática como um raio de luz que apresenta uma ou mais frequências de luz – o índice de refração absoluto, (n) , é a razão entre a velocidade da luz no vácuo, (C) , e a velocidade da luz monocromática no meio em questão, (v) . Seu caráter adimensional deve ser ressaltado, assim como, sua relação inversamente proporcional com a velocidade do meio. O fato de o índice ser um razão entre a velocidade da luz no vácuo e a velocidade da luz no meio, também nos leva a uma interessante constatação : o menor valor possível para ele é 1 (um), já que nenhuma frequência de luz poderá ter velocidade maior que a do vácuo.

Outro aspecto pouco comentado é o fato do índice de refração ser afetado pelas variações de densidades provocadas por alterações nas condições de pressão e principalmente temperatura. O índice de refração é diretamente proporcional a densidade. Este é um momento crucial para que o aluno não imagine que o índice de refração é a densidade do meio. A densidade depende do material que forma o meio, enquanto o índice depende da frequência da luz em questão. Esses fatores não influenciam de forma expressiva nos meios sólidos e somente a temperatura é importante nos meios líquidos. Um meio possui uma densidade, para uma determinada temperatura e pressão e, mantida essas condições infinitos índices de refração.

C. Definição do índice de refração absoluta: Considerada como a razão entre o índice de refração de dois meios homogêneos e transparentes diferentes. Assim o índice do meio 1 em relação ao meio 2 será :

$$n_{1,2} = n_1 / n_2.$$

Além de também ser adimensional. O maior índice será chamado de mais refringente.

Outro aspecto importante é o fato de materiais diferentes – densidades diferentes – poderem apresentar índices de refração iguais. Neste caso a luz ao passar de um meio para outro não sofre refração. Alguns autores denominam esse efeito de continuidade óptica entre os meios. O exemplo mais comum em provas é o do monoclorobenzeno que possui o mesmo índice de refração que alguns tipos de vidros. Nesta situação o vidro fica invisível.

D. Leis de refração: Neste momento são apresentadas as duas leis da refração. A 1ª. Lei diz que o raio incidente, a reta normal e o raio refratado são coplanares. Esta definição possibilita o estudo da óptica utilizando os conceitos de geometria plana. A 2ª. Lei, conhecida como lei de Snell-Descartes, afirma que o produto do índice de refração do meio em que o raio se encontra pelo seno do ângulo que esse raio faz com a normal é constante. Assim, temos:

$$n_1 \cdot \text{sen}\theta_i = n_2 \cdot \text{sen}\theta_r$$

$$\text{sen}\theta_i / \text{sen}\theta_r = n_1 / n_2 = n_{1,2}$$

$$\text{sen}\theta_i / \text{sen}\theta_r = n_1 / n_2 = v_2 / v_1 = n_{1,2}$$

No caso particular em que os ângulos de incidência e de refração são muito pequenos(até aproximadamente 10°), podemos, considerando os ângulos em radianos, admitir que o $\text{sen}\theta_i \approx \theta_i$ e que o $\text{sen}\theta_r \approx \theta_r$.

Desta forma:

$$n_1 \cdot \theta_i = n_2 \cdot \theta_r$$

branca, atravessando a superfície de separação de dois meios, ocorre, quando o raio de luz incide de forma oblíqua, a separação de suas cores (frequências) componentes devido a diferença entre seus índices.

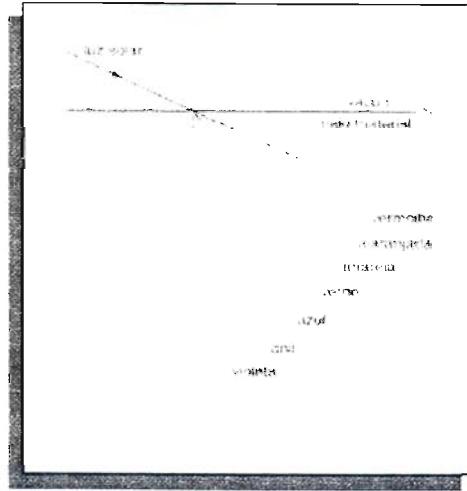


Fig. 1 dispersão da luz - Física Clássica [13]

A menor frequência captada pelo olho humano é o da cor vermelha. O vermelho é a cor de maior velocidade e por esse motivo, possui o menor índice de refração em relação as demais cores captadas pelo olho humano.

Por outro lado, o violeta é a cor com maior frequência que pode ser captada, possuindo, então, a menor velocidade e o maior índice de refração.

Um tópico bastante cobrado em diversos vestibulares é o comportamento de cada luz monocromática em relação ao seu desvio da trajetória original. Quanto maior a velocidade menor o desvio.

Resumindo: O vermelho possui a maior velocidade, o menor índice e o menor desvio. O violeta possui a menor velocidade, o maior índice e o maior desvio.

F. Ângulo limite de refração: Para que a Lei de Snell-Descartes possa continuar válida, o fenômeno da refração, na situação em que o raio incidente partindo do meio de menor índice de refração para o maior, é caracterizado pela aproximação do raio refratado para a reta normal.

$$n_1 \cdot \text{sen}\theta_i = n_2 \cdot \text{sen}\theta_r$$

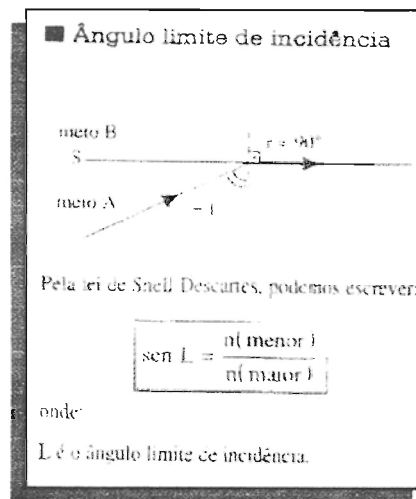
$$\text{sendo: } n_1 < n_2, \quad \text{teremos: } \text{sen}\theta_i > \text{sen}\theta_r \quad \text{logo: } \theta_i > \theta_r$$

Quando a refração ocorre com o raio de incidente partindo do meio mais refringente teremos o raio refratado afastando-se da normal.

$$n_1 \cdot \text{sen}\theta_i = n_2 \cdot \text{sen}\theta_r$$

sendo: $n_1 > n_2$. teremos: $\text{sen}\theta_i < \text{sen}\theta_r$ logo: $\theta_i < \theta_r$.

Isso significa, que o ângulo de refração, θ_r , será sempre maior que o de incidência, θ_i . O maior valor que o ângulo de incidência



poderá possuir, θ_L , para que ocorra a refração, será aquele que corresponderá a um ângulo de refração igual a 90° . Em uma situação desse tipo dizemos que ocorreu uma refração rasante – o raio refratado encontra-se paralelo à superfície de separação – e que o ângulo de incidência encontra-se em seu valor limite.

Fig. 2 – Novíssimo curso vestibular [14]

Para a situação limite teremos :

$$\theta_i = \theta_L \quad \& \quad \theta_r = 90^\circ.$$

$$n_1 \cdot \text{sen}\theta_L = n_2 \cdot \text{sen}90^\circ$$

$$n_1 \cdot \text{sen}\theta_L = n_2 \cdot 1$$

$$\text{sen}\theta_L = n_2 / n_1.$$

Assim, o seno do ângulo limite é a razão entre o menor índice sobre o maior.

$$\text{sen}\theta_L = n_{\text{menor}} / n_{\text{maior}}$$

G. Reflexão total: Quando o raio de luz incidente parte de um meio mais refringente para outro menos refringente e incide obliquamente em um ângulo maior que o limite, ocorre o fenômeno denominado reflexão total. Esse é um tópico que pode ser bem trabalhado em seu aspecto experimental em sala de aula para que o aluno possa compreender de forma aproximada o comportamento das fibras ópticas

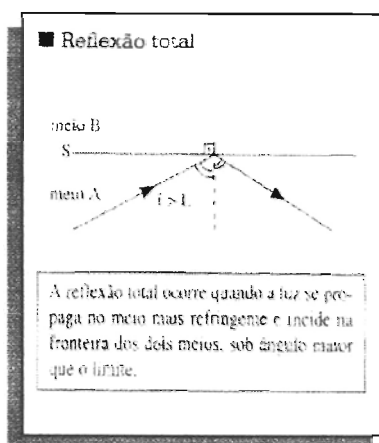


Fig. 3 – Novíssimo curso vestibular [14]

tão utilizadas atualmente em telefonia e em aparelhos ópticos tais como o boroscópio e o laparoscópio².

O estudo dos raios que se encaixam neste dois critérios é semelhante ao realizado para o estudo da reflexão. Isto é, seus ângulos de incidência e reflexão são iguais.

H. Dioptra plano: O conjunto constituído de dois meios- n_1 e n_2 – homogêneos, transparentes e de diferentes índices de refração, separados por uma superfície plana, recebe o nome de dioptra plano.

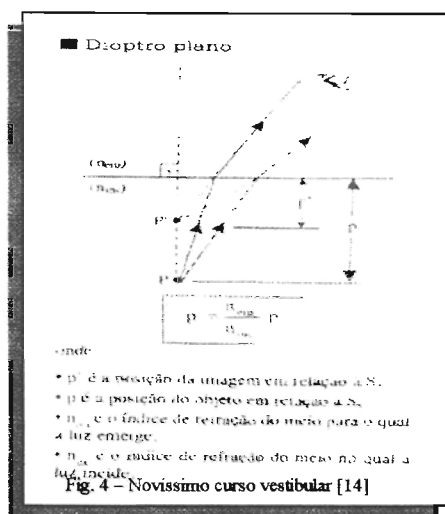


Fig. 4 – Novíssimo curso vestibular [14]

A ilusão de observar que o fundo de uma piscina cheia parece mais rasa do que é realmente ou a sensação contrária, experimentada por um observador no interior da piscina cheia, de que os objetos que ele observa na realidade estão mais próximos do que ele imagina são analisados neste tópico. Se admitirmos de que o observador encontra-se muito próximo da normal.

Poderemos, depois de algumas

manipulações matemática da fórmula de Snell-Descartes, chegar a

² Laparoscópio é o nome dado ao aparelho usado em cirurgia abdominais (endoscópio) e boroscópio para inspeção no interior de motores

uma proporcionalidade entre a distância real do objeto observado, (p) e a distância ilusória (p') criada pelo fenômeno da refração.

Quando o observador está fora da água, (p') é menor e quando ele está no interior da água (p') é maior. Assim, faremos o produto do menor índice de refração com a maior distância, seja ela real , p , ou ilusória, p' , e o igualaremos com o produto do maior índice com a menor distância.

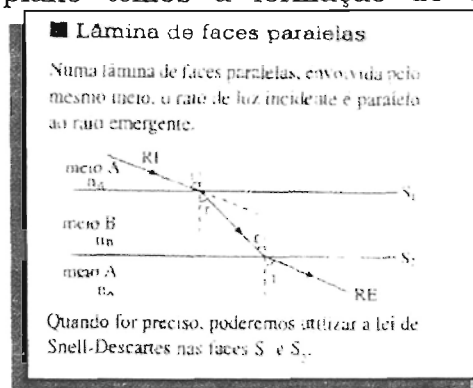
Para observador está fora da água:

$$n_{ar} \cdot p = n_{\text{água}} \cdot p'. \quad n_{ar} < n_{\text{água}} \ \& \ p > p'$$

Para observador está dentro da água:

$$n_{ar} \cdot p' = n_{\text{água}} \cdot p. \quad n_{ar} < n_{\text{água}} \ \& \ p' > p$$

I. Lâminas de faces paralelas: Quando associamos mais de um dioptro plano temos a formação do que chamamos lâminas paralelas. A



situação mais comum é quando os meios n_1 e n_3 são iguais. Neste caso a aplicação da Lei de Snell-Descartes nos leva a conclusão de que os raios emergente e incidente são paralelos, ocorrendo apenas um desvio lateral.

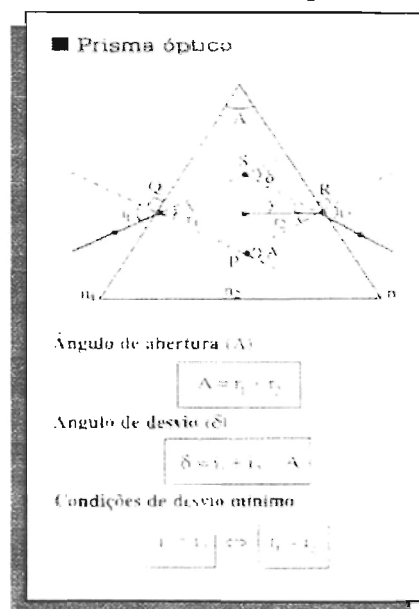
Fig 5 – Novíssimo curso vestibular [14]

Matematicamente esse desvio lateral é calculado como:

$$d = e \cdot \frac{\sin(\theta_i - \theta_r)}{\cos \theta_r}$$

Onde, e = espessura da lâmina.

J. Prisma óptico: O prisma óptico é a associação de dois dióptros planos cujas superfícies dióptricas não são paralelas. Esse tipo de assunto é bem específico e pouco desenvolvido no ensino dos fenômenos da refração.



fenômenos da refração.

As condições para que a trajetória de um raio de luz ao incidir sobre um prisma tenha um desvio mínimo (δ) são dadas quando o ângulos de incidência, i_1 , do raio no prisma e i_2 , ângulo de saída do raio para o meio externo, todos em relação a normal, são iguais. Além disso, os ângulos de refração no interior do prisma, r_1 e r_2 , são iguais.

Fig. 6 – Novíssimo curso vestibular [14]

Matematicamente:

$$\delta = 2.i - 2.r \text{ aonde } i = i_1 = i_2 \text{ e } r = r_1 = r_2 .$$

Outro conceito é o de ângulo de refringência de um prisma sendo definido como $A = r_1 + r_2 . = 2r$ (nas condições de desvio mínimo).

4.4.3. Apresentação da aula com música

Muita gente se surpreende com as habilidades de quem domina a manipulação do ábaco. Contas de multiplicação, divisão, soma e subtração de números com mais de cinco casas decimais são feitas quase que imediatamente. Entretanto, quem domina essa técnica somente consegue realizar as operações se os números forem ditos de forma cantada. Seria alguma espécie de mágica?

A utilização da música ao fim da aula possui duas funções fundamentais. A primeira, criar um elo de participação do aluno com a aula ministrada. O aspecto lúdico, presente no ato de cantar as músicas, constrói um espírito de coesão entre os alunos da classe, reduz a distância entre a figura do professor,

visto como um transmissor de um conhecimento, e o corpo discente. O segundo é possibilitar ao aluno a criação de ganchos de memória, para os conceitos expostos nas estrofes da música possam ser lembrados a qualquer momento.

Vamos analisar os conceitos desenvolvidos em cada estrofe.

Na primeira estrofe:

*“Quando a coisa (luz)
Bate e volta (reflexão)
Quando a coisa (luz)
Bate e entra (refração)”.*

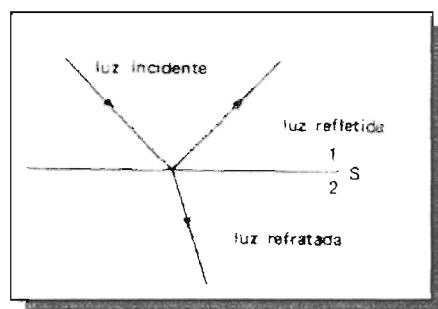


Fig. 7 – Novíssimo curso vestibular [14]

A luz é uma onda eletromagnética.

Entretanto, no estudo da óptica geométrica, criamos um ente que não tem existência física real, o raio de luz. Sua definição é necessária para que possamos utilizar os conceitos da geometria em aproximações sobre o comportamento ondulatório da luz. O aluno deve ter claro que a “coisa parece mais não é uma reta”.

Conceitos sobre a reflexão da luz, como os de raio incidente, raio refletido, raio refratado, reta normal, ângulo de incidência, ângulo de reflexão, ângulo de refração, assim como, os princípios da ótica geométrica e as leis da reflexão, desenvolvidos anteriormente, podem ser novamente revistos.

Na segunda estrofe:

*“Pode bater e voltar (reflexão)
Pode bater e entrar (refração)
Que tudo isso é curtição”.*

Encontramos a definição da refração como um fenômeno onde ocorre uma mudança de meio de propagação e a de reflexão como uma mudança na direção

de propagação do raio de luz sem que ocorra a mudança de meio. Podemos ressaltar que, durante a reflexão o módulo da velocidade, o comprimento de onda da luz e a frequência – característica marcante da cor desta luz - permanecem constante. Outro aspecto, para turmas que já tiveram contato com os conceitos ondulatórios, é ressaltar que essa reflexão pode ocorrer com ou sem inversão de fase. Sendo a luz uma onda, possuirá um comportamento semelhante ao de uma corda. Esse fenômeno ocorre quando a luz proveniente do ar reflete-se em um espelho ou na superfície da água.

Na terceira estrofe:

*“Toda vez que a coisa (luz)
Muda de meio
Muda de velocidade
Mas a frequência
Permanece constante
Pois isso ninguém pode mudar”.*

O principal conceito reforçado é o fato de que quando a onda eletromagnética passa de um meio de refração para outro diferente - mudança de meio - o módulo de sua velocidade é alterado. Entretanto, a cor deste raio de luz não é alterada. Desta forma, sua frequência permanece constante. Podemos novamente, revisar os conceitos ondulatórios analisando que ao mudar de meio seu comprimento de onda é alterado de forma proporcional com a velocidade.

Chamando a velocidade da onda no meio n de V_n , o comprimento de onda de λ_n e sua frequência de f , teremos:

$$V_1 = \lambda_1 \cdot f \text{ (Para o meio 1)}$$

$$V_2 = \lambda_2 \cdot f \text{ (Para o meio 2)}$$

$$V_1 / \lambda_1 = V_2 / \lambda_2 \quad \text{(Sendo a frequência constante)}$$

Um erro comum, cometido pelo aluno, é o de achar que o módulo da velocidade da luz independe do meio. Isto acontece, muito provavelmente,

devido ao fato da luz não depender de um meio material para se propagar – toda onda eletromagnética pode se propagar no vácuo e o fazem com um mesmo valor , 300 000 Km/s. Entretanto, como vimos anteriormente, para uma frequência constante, a luz terá um valor de velocidade diferente para diferentes meios de refração.

Na quarta estrofe:

O que preciso fazer?

O que preciso saber?

Para entender a refração

Basta traçar a normal

E olhar os índices

Com muita atenção

Os aspectos de construção geométrica de um típico exercício de refração são reforçados. Em qualquer turma, observamos o fato de que muitos alunos utilizam, na formulação de Snell-Descartes ($n_1 \cdot \sin\theta_1 = n_2 \cdot \sin\theta_2$), o ângulo que o raio incidente faz com a superfície, esquecendo-se da definição de ângulo de incidência e de ângulo de refração.

Além disso, como o índice de refração influi no comportamento do fenômeno – a velocidade e o índice são inversamente proporcionais. A simples observação do índice do meio incidente e do meio emergente pode indicar que meio possui a maior velocidade.

Quinta estrofe:

De menos (refringente)

Pra mais (refringente)

Aproxima da normal

De mais (refringente)

Para menos (refringente)

Afasta da normal

De mais (refringente)

Para menos (refringente)

Afasta da normal

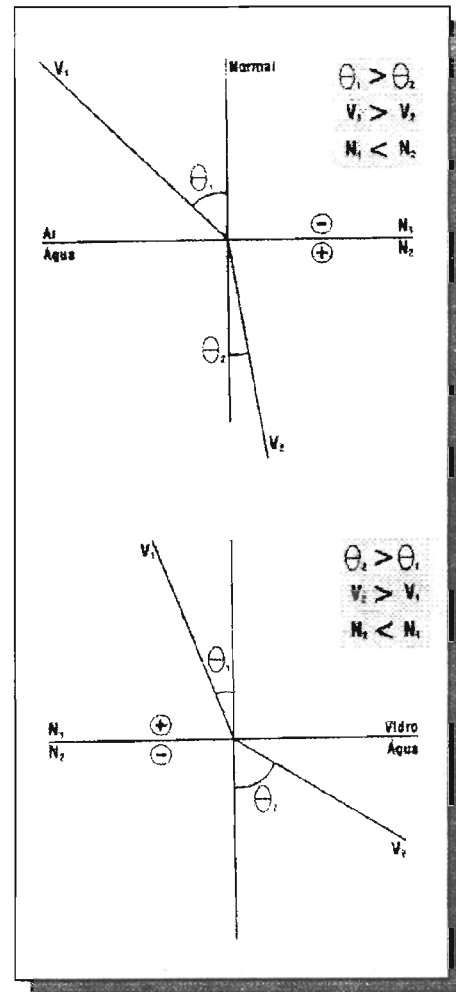


Fig. 8 – Encarte do cd [14]

A relação de proporcionalidade inversa entre o índice de refração do meio e o seno do ângulo entre o raio de luz e a reta normal é novamente ressaltada, tendo em vista o fato de que quem possui o maior seno possuirá o maior ângulo. A visualização dos ângulos permite de forma rápida indicar qual o meio mais refringente. Quando a refração ocorre entre um meio incidente menos refringente que o meio emergente, o raio refratado muda sua direção de propagação e inclina-se aproximando-se da reta normal. No caso contrário, de mais refringente para menos refringente, o raio refratado muda sua direção de propagação e inclina-se afastando-se da reta normal.

Na sexta estrofe:

Quem tem o maior ângulo

Tem a maior velocidade

E tem o menor índice de refração.

A 2ª. Lei da refração é novamente trabalhada e reforçada dentro dos tópicos mais cobrados nos vestibulares. Qual a velocidade? Qual o ângulo de incidência ou de refração? Qual o valor do índice de determinado meio?

A definição de índice de refração também é ressaltada como uma proporcionalidade inversa entre as variáveis velocidade da luz no meio e seu índice.

Além da música, outros ganchos de memória podem ser utilizados.

Associar, por exemplo, as cores de menor e maior velocidade – violeta e vermelho – com as características dos teletubbies violeta e vermelho, com certeza, gera momentos divertidos que jamais serão esquecidos pelos alunos.

4.4.4. Aplicação do teste

Para a aplicação dos testes convencionaremos a representação das turmas como TURMA A, TURMA B, TURMA C – as turmas preparatórias ao concursos de sargento - e TURMA D – a turma preparatória ao concurso de formação de oficiais.

O teste, também, constará de dez questões, de provas anteriores, abrangendo tópicos sobre refração. Tendo sido dividido em quatro teóricas e seis envolvendo a definição matemática do índice de refração, Lei de Snell-Descartes e cálculos envolvendo situações de desvio mínimo em um prisma. Da mesma forma que o pré-teste, um comentário dos exercícios será realizado na análise dos dados.

Seguiremos a seguinte estratégia:

Na TURMA A será apresentada à aula teórica sem a utilização da música. Essa aula será ministrada por um professor em um período de 3 horas ao fim do qual será feita a avaliação.

Na TURMA B será apresentada à aula teórica com a utilização da música. Assim como a TURMA A, o período será de 3 horas ao fim do qual será feita a avaliação.

Na TURMA C o procedimento será semelhante ao utilizado na TURMA B, entretanto, o teste será realizado no início da próxima aula. (considerando uma aula por semana). O objetivo é obter informações sobre o comportamento dos alunos após o período de uma semana.

Com a TURMA D, o procedimento será igual ao da turma B. Entretanto, “de forma geral” os alunos de turmas preparatórias às escolas de formação de oficiais possuem um arcabouço cultural e intelectual maior – o nível das questões nesses concursos requerem dos candidatos conceitos mais aprofundados e uma manipulação matemática mais elaborada. O principal objetivo para essa turma é a obtenção de um referencial que nos de indicações dos limites “superiores”. Uma vez que, acredita-se, esses alunos não teriam dificuldade na realização dos exercícios tanto do teste como do pré-teste.

4.5. Análise dos resultados

4.5.1. Análise das questões do pré-teste

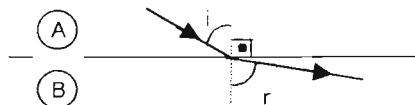
01). (EEAR 1/88) Um raio luminoso se propaga de um meio A para um meio B, conforme a figura. Em relação aos índices de refração n_A e n_B dos meios, podemos afirmar que:

a). $n_A > n_B$

b). $n_A \geq n_B$

c). $n_A = n_B$

d). $n_A < n_B$



Análise: Essa questão requer do aluno o conhecimento da 2ª. Lei da refração – $n_1 \cdot \sin\theta_i = n_2 \cdot \sin\theta_r$. Uma vez que ele conheça a definição de ângulo de incidência, (θ_i) e de ângulo de refração, (θ_r) é fácil perceber que para a igualdade permanecer válida, o seno do maior ângulo, que possui o maior valor, deverá estar associado ao menor índice de refração, n .

Através do desenho da questão observamos que o ângulo de refração é maior que o de incidência ($\theta_i < \theta_r$). Logo, o índice de refração no meio B deverá ser menor que o índice de refração de meio A ($n_B < n_A$).

Estamos partindo do princípio que o aluno em questão domina raciocínios matemáticos relacionados com os conceitos de variáveis proporcionais e inversamente proporcionais, conhece o comportamento da função seno e no mínimo sabe a formulação da Lei de Snell – Descartes.

Com a utilização da música, a problemática da questão se reduz a identificação da normal, dos ângulos de incidência, (θ_i) e de refração, (θ_r) e da análise proposta pelo refrão.

“O que preciso fazer? O que preciso saber? Para entender a refração. Basta traçar a normal e olhar os índices com muita atenção.

*De menos (refringente) pra mais (refringente) aproxima da normal
.De mais (refringente) para menos (refringente) afasta da normal.*

Quem tem o maior ângulo tem a maior velocidade e tem o menor índice de refração”.

- 02). (EEAR 1/88) Um raio luminoso sofre desvio mínimo de 20° ao atravessar um prisma, cujo ângulo da refração é 40° . O ângulo de emergência desse raio, em graus, será de:

a).30 b) 45 c) 60 d) 90

Análise: Essa questão foi inserida como forma de avaliar a capacidade do aluno em resolver esse tipo de exercício que é bem específico e pouco desenvolvido no ensino dos fenômenos da refração. Os alunos que conseguirem resolver essa questão possuem uma sólida formação no assunto ou, de uma forma ou de outra, aprenderam e decoraram as condições de desvio mínimo.

As condições para que a trajetória de um raio de luz, ao incidir sobre um prisma, tenha um desvio mínimo (δ) são dadas quando os ângulos de incidência, i_1 , do raio no prisma e i_2 , ângulo de saída do raio para o meio externo, todos em relação a normal, sejam iguais. Além disso, os ângulos de refração no interior do prisma, r_1 e r_2 , são iguais.

Matematicamente:

$$\delta = 2.i - 2.r \text{ aonde } i = i_1 = i_2 \text{ e } r = r_1 = r_2 .$$

Outro conceito é o de ângulo de refração de um prisma sendo definido como $A = r_1 + r_2 . = 2r$ (nas condições de desvio mínimo).

Desta forma, para o problema em questão, sendo o ângulo de refração do prisma igual a 40° , $A = 40^\circ$ e o ângulo de desvio mínimo igual a 20° , $\delta = 20^\circ$, teremos:

$$\delta = 2.i - 2.r \rightarrow 20^\circ = 2.i - 40^\circ \rightarrow 60^\circ = 2.i \rightarrow i = 30^\circ .$$

03). (EEAR 2/88) O fenômeno da miragem é devido a:

- a). Forma esférica da Terra.
- b). Dispersão da luz pela atmosfera.
- c). Variação do índice de reflexão do ar.
- d). Variação do índice de refração do ar.

Análise: Essa questão foi inserida como forma de avaliar a capacidade do aluno em relacionar esse tipo de exercício com um fato do cotidiano – a ilusão que temos ao ver poças de água que não existem nas estradas em dias muito quentes.

04 - (EEAR 2/88) Um raio luminoso propagando-se no ar atinge uma placa de vidro transparente de índice de refração igual a 1,6. Sendo de 30° o ângulo de refração, o seno do ângulo de incidência é:

- a). 0,40
- b) 0,50
- c) 0,70
- d) 0,80

Análise: Assim com a questão número 1, essa questão requer do aluno o conhecimento da 2ª. Lei da refração – $n_1 \cdot \text{sen}\theta_i = n_2 \cdot \text{sen}\theta_r$. Uma vez que ele conheça a definição de ângulo de incidência, (θ_i) e de ângulo de refração, (θ_r), e que saiba de antemão que o índice de refração do ar é aproximadamente o índice de refração do vácuo, possuindo seu valor igual a 1. Aplicando a fórmula teremos:

$$n_1 \cdot \text{sen}\theta_i = n_2 \cdot \text{sen}\theta_r.$$

$$1 \cdot \text{sen}\theta_i = 1,6 \cdot \text{sen}30^\circ.$$

$$\text{sen}\theta_i = 1,6 \cdot 0,5.$$

$$\text{sen}\theta_i = 0,8.$$

05 - (EEAR 2/94) Olhando-se uma colher colocada em um copo com água, tem-se a impressão de que está quebrada. Esse fenômeno é devido, em relação à luz, à:

- a).refração b) difração c) reflexão d) reverberação

Análise: Essa questão foi inserida, assim como a número 3, como forma de avaliar a capacidade do aluno em relacionar esse tipo de exercício com um fato do cotidiano – a ilusão que temos da visão da colher quebrada devido a refração dos raios luminosos.

06 - (EEAR 1/89) A luz reduz sua velocidade em 20% ao passar do vácuo para uma placa de vidro, cujo índice de refração é de:

- a).0,55 b) 0,80 c) 1,25 d) 1,50

Análise: Essa questão requer do aluno o conhecimento da formulação matemática do índice de refração, enquanto uma razão entre a velocidade da luz no vácuo, C , e a velocidade da luz monocromática no meio em que está inserida.

$$n_1 = C / v_1$$

Sendo, C , a velocidade da luz no vácuo, para todas as frequências, igual a 300 000 Km/s. A velocidade da luz monocromática, assim como, seu índice de refração depende da frequência desta luz.

Observando a formulação, percebemos que o índice de refração é inversamente proporcional a velocidade desta luz no meio em questão. Se o aluno já tivesse tido contato com a música, o refrão da música reforçaria esse conceito:

“Quem tem o maior ângulo tem a maior velocidade e tem o menor índice de refração”.

Além disso, como a velocidade máxima alcançada pela luz é de 300 000 Km/s o menor valor possível para o índice de refração é 1.

$$n_1 = C / v_1 \rightarrow n_1 \geq 1$$

Com os dados do problema, teremos:

$$\begin{array}{ll} n_1 = C / v_1 & \text{Sendo } v_1 = 80\% \text{ de } C = 0,8.C \\ n_1 = C / 0,8.C & n_1 = 10/8 = 1,25. \end{array}$$

Talvez a maior dificuldade não seja o conhecimento da formulação matemática que defina o índice de refração, mas sim, o fato da interpretação do problema que diz: “A luz reduz sua velocidade em 20% ao passar do vácuo para uma placa de vidro”, logo, ela passa a ter 80% do valor inicial.

07 - (EEAR 2/91) Um feixe de luz branca é disperso ao atravessar um prisma de vidro. O raio de luz que sofre o menor desvio é o de cor:

- a).anil b) amarela c) violeta d) vermelha

Análise: Assim como a questão anterior, essa questão requer do aluno o conhecimento da formulação matemática do índice de refração, enquanto uma razão entre a velocidade da luz no vácuo, C, e a velocidade da luz monocromática no meio em que está inserida.

$$n_1 = C / v_1$$

Sendo, C, a velocidade da luz no vácuo, para todas as frequências, igual a 300 000 Km/s. A velocidade da luz monocromática, assim como, seu índice de refração depende da frequência desta luz.

Um feixe de luz policromática, isto é, que possui todas as frequências de luz, ao sofrer refração – mudança de sua velocidade – terá

velocidades diferentes para cada tipo de frequência. Desta forma, a luz que possuir a maior frequência, violeta, terá a menor velocidade.

Entretanto, o problema requer que o aluno responda embasado no maior ou menor desvio que essa luz apresentará em função da trajetória inicial no meio incidente.

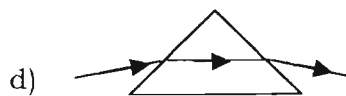
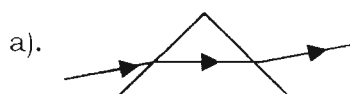
Observando a figura 1, percebemos que a frequência do vermelho é quem apresenta o menor desvio em relação a trajetória original.

08 - (EEAR 1/95) Em relação à velocidade de propagação de luzes monocromáticas, pode-se afirmar corretamente que a luz:

- a).vermelha é mais lenta que a violeta no vácuo.
- b).violeta é mais rápida que a vermelha num meio material.
- c).violeta é mais rápida que a vermelha no vácuo.
- d).vermelha é mais rápida que a violeta num meio material

Análise: Possui a maior velocidade, num mesmo meio, o raio de luz da cor vermelha, da mesma forma que esta apresenta o menor desvio. Acredito que a análise dessa questão tenha ficado clara com a análise da questão número 7.

09 - (EEAR 1/90) Nos desenhos seguintes, que procuram mostrar a trajetória de um raio luminoso atravessando um prisma de vidro colocado no ar, o correto é:



Análise: Essa questão requer do aluno o conhecimento da 2ª. Lei da refração – $n_1 \cdot \sin\theta_i = n_2 \cdot \sin\theta_r$ aplicada ao estudo dos prismas. O aluno deveria observar que durante uma refração aonde o meio de incidência possui índice de refração menor, ar, que o meio interno, prisma o raio refratado se aproxima da normal. Ao contrário ao sair de um meio com índice de refração maior que o exterior se afasta da normal.

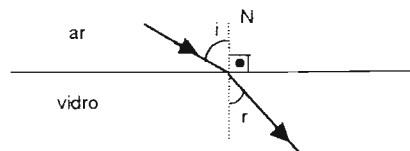
Com a utilização da música , a problemática da questão se reduz a identificação da normal, dos ângulos de incidência, (θ_i) e de refração, (θ_r) e da análise proposta pelo refrão.

“O que preciso fazer? O que preciso saber? Para entender a refração. Basta traçar a normal e olhar os índices com muita atenção.

De menos (refringente) pra mais (refringente) aproxima da normal. De mais (refringente) para menos (refringente) afasta da normal.

- 10 - (EEAR 1/90) Um raio de luz monocromático, ao passar do ar para o vidro, sofre uma refração conforme a figura. O índice de refração do vidro, para essa luz, vale: (Dados: $n_{ar} = 1$ e $\sin r / \sin i = \sqrt{3}/3$)

- a). $\sqrt{3}$
- b). 3
- c). $3\sqrt{3}$
- d). $9\sqrt{3}$



Análise: Assim com a questão número 1, essa questão requer do aluno o conhecimento da 2ª. Lei da refração – $n_1 \cdot \sin\theta_i = n_2 \cdot \sin\theta_r$. Uma vez que ele conheça a definição de ângulo de incidência, (θ_i) e de ângulo de refração, (θ_r), e que saiba de antemão que o índice de refração do ar é aproximadamente o índice de refração do vácuo, possuindo seu valor igual a 1. Aplicando a fórmula teremos:

$$n_1 \cdot \sin\theta_i = n_2 \cdot \sin\theta_r \qquad 1 \cdot \sin\theta_i = n_r \cdot \sin\theta_r$$

$$(\sin\theta_r / \sin\theta_i) = 1 \qquad \sqrt{3}/3 \cdot n_r = 1 \qquad n_r = \sqrt{3}.$$

4.5.2. Análise da aplicação do pré-teste

A tabelas abaixo resumem os resultados dos pré-testes aplicado nas quatro turmas. Em média o tempo gasto foi de 20 minutos para todas as turmas. As células em cinza indicam a resposta certa.

TURMA A.

Tabela 1.a - 19 alunos fizeram o pré-teste.

	letraA	letraB	letraC	letraD	embrano
rf. 01	5	0	1	10	3
rf. 02	4	3	6	0	6
rf. 03	2	6	4	5	2
rf. 04	2	4	1	6	6
rf. 05	13	2	2	2	0
rf. 06	2	6	4	1	6
rf. 07	0	3	6	8	2
rf. 08	2	2	5	10	0
rf. 09	6	2	2	7	2
rf. 10	8	1	1	3	6

TURMA B

Tabela 1.b - 25 alunos fizeram o pré-teste.

	letraA	letraB	letraC	letraD	embrano
rf. 01	9	1	1	10	4
rf. 02	5	4	10	1	5
rf. 03	1	9	8	7	0
rf. 04	4	5	6	6	4
rf. 05	14	2	8	1	0
rf. 06	2	10	7	3	3
rf. 07	2	2	8	10	3
rf. 08	1	2	8	12	2
rf. 09	5	8	3	5	4
rf. 10	10	5	4	1	5

TURMA C.

Tabela 1.c - 18 alunos fizeram pré-teste.

	letraA	letraB	letraC	letraD	embrano
rf. 01	5	2	1	9	1
rf. 02	3	1	10	0	4
rf. 03	1	5	7	4	1
rf. 04	3	3	3	6	3
rf. 05	11	3	2	1	1
rf. 06	2	7	5	1	3
rf. 07	0	2	6	9	1
rf. 08	1	4	5	7	1
rf. 09	5	2	7	2	2
rf. 10	7	2	6	0	3

TURMA D.

Tabela 1.d - 25 alunos fizeram pré-teste.

	letraA	letraB	letraC	letraD	embrano
rf. 01	12	0	0	15	0
rf. 02	8	5	6	2	4
rf. 03	1	5	4	15	0
rf. 04	3	3	8	11	0
rf. 05	16	3	4	2	0
rf. 06	1	2	15	4	3
rf. 07	2	0	7	16	0
rf. 08	2	0	5	18	0
rf. 09	5	7	1	12	0
rf. 10	12	2	5	2	4

As tabelas abaixo nos dá um indicativo acerca do comportamento das quatro turmas.

Um total de 87 alunos fizeram os pré-teste.

Tabela 2 – número total de alunos por opção nas 10 questões

	letraA	letraB	letraC	letraD	embranco
rf. 01	31	3	3	42	8
rf. 02	20	13	32	3	19
rf. 03	5	25	23	31	3
rf. 04	12	15	18	29	13
rf. 05	54	10	16	6	1
rf. 06	7	25	31	9	15
rf. 07	4	7	27	43	6
rf. 08	6	8	23	47	3
rf. 09	21	19	13	26	8
rf. 10	37	10	16	6	18

Tabela 3 – resultados da tabela 2 em valores aproximados de porcentagem.

	letraA	letraB	letraC	letraD	embranco
nº. 01	36,00%	3,50%	3,50%	48,00%	9,00%
nº. 02	23,00%	15,00%	37,00%	3,00%	22,00%
nº. 03	6,00%	29,00%	26,00%	36,00%	3,00%
nº. 04	14,00%	17,00%	21,00%	33,00%	15,00%
nº. 05	62,00%	12,00%	18,00%	7,00%	1,00%
nº. 06	8,00%	29,00%	36,00%	10,00%	17%
nº. 07	5,00%	8,00%	31,00%	49,00%	7,00%
nº. 08	7,00%	9,00%	26,00%	54,00%	4,00%
nº. 09	24,00%	22,00%	15,00%	30,00%	9,00%
nº. 10	43,00%	11,00%	18,00%	7,00%	21,00%

Comentários sobre o resultado de cada questão:

1ª. Questão : A primeira questão mostrou o desenho de uma refração pouco comum, o meio mais refringente encontra-se na parte superior, meio incidente, enquanto o meio inferior, meio emergente, possui menor refringência. Normalmente os exemplos desenhados no quadro referem-se a situação oposta (modelo ar-água). Talvez o alto índice de respostas na opção D, quase 50 %, seja devido está tendência. Encontramos na turma D o maior número de acertos por turmas quase 50 %.

2ª. Questão : Na segunda questão, apenas 23% alunos conseguiram responder corretamente. Nesta questão o número de respostas erradas não era o importante, uma vez que o assunto cobrado é pouco desenvolvido no ensino regular. Pelo resultado podemos esperar que 1/4 dos alunos já possuam uma formação anterior ou que sejam muito bons na pontaria.

3ª. Questão : Obtivemos um número alto de respostas na letra b – 29%. Talvez os alunos tenham confundido o fenômeno de coloração azul do céu, isso devido a refração, com o fenômeno da miragem. Entretanto, quase o mesmo número de alunos respondeu a letra c, 26%, mostrando que os conceitos de reflexão e refração ainda estão confusos.

4ª. Questão : Aproximadamente um terço dos alunos dominam a formulação matemática da Lei de Snell-Descartes. Entretanto, apesar de ser a questão, pura aplicação de fórmula, a maioria dos alunos não conseguiu resolvê-la. Lembremos que estes alunos já fizeram o curso completo do ensino médio.

5ª. Questão : Novamente, uma questão conceitual. Pelo número de acertos, muitos associam a refração ao fenômeno da ilusão da quebra da colher. Nesta questão podemos constatar que os alunos associam o fenômeno de refração com desvio do raio.

6ª. Questão : Esta questão avalia o domínio da definição de índice de refração por parte dos alunos. Com o conceito bem definido, as respostas das alternativas a e b ficariam automaticamente descartadas, uma vez que o menor valor possível para o índice é um. Mais de 50% dos alunos marcaram alternativas diferentes das letras c e d.

7ª. Questão : Menos de 50% dominam o conceito de desvio em relação a trajetória original durante a refração de um raio de luz policromática. Quase sempre este conceito é formulado durante a realização, em sala de aula, de um problema, nos cursos normais de ensino médio.

8ª. Questão : Esta questão tem sua formulação fundamentada nos mesmos conceitos da questão nº. 7. Pela tabela, vemos que um número maior de alunos – mais de 50% - responderam corretamente. Esperava-se o mesmo percentual, contudo, talvez, para alguns alunos não exista uma associação entre os assuntos.

9ª. Questão : Aproximadamente 1/3 domina o fato de que o raio de luz se aproxima da normal, quando a refração ocorre do meio menos para o meio mais e se afasta da normal quando ocorre de mais para menos. Outra possibilidade seria o conhecimento prévio da figura – comum em vários livros.

10ª. Questão : Quase metade dos alunos domina a formulação matemática da Lei de Snell-Descartes. Entretanto, a dificuldade pode estar na falta da habilidade matemática em manipular corretamente os números irracionais – raiz quadrada.

Avaliando o número de questões acertadas e erradas no pré-teste nas quatro turmas, obtemos o gráfico abaixo. Este nos mostra que 60% dos alunos erraram as questões e 40% as acertaram.

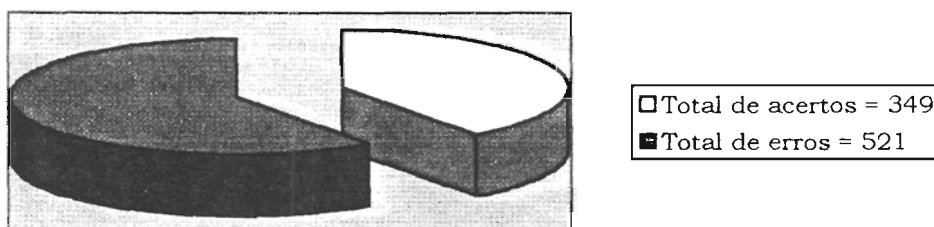


Fig. 9 – erros e acertos

Isto significa que alguns alunos que já cursaram o ensino médio, em média, não possuem nem mesmo um aproveitamento superior a 50% exigidos.

4.5.3. Análise das questões do teste

- 01 - (EEAR 2/88) Determinar o índice de refração de um prisma, para uma certa luz monocromática, sabendo-se que o ângulo do prisma é 60° e o desvio mínimo para essa luz é de 30° .

a).0,5

b) 1,2

c) $\sqrt{2}$

d) 2

Análise: Assim como no pré-teste, essa questão foi inserida como forma de avaliar a capacidade do aluno em resolver esse tipo de exercício que é bem específico e pouco desenvolvido no ensino dos fenômenos da refração. Entretanto, outro aspecto motivou sua colocação como primeira questão no teste. O fato é que muitos alunos ao se depararem com uma questão mais difícil não a colocam em segundo plano e passam para a resolução de questões mais fáceis. Considerando que o fator tempo é crucial em provas desse tipo, talvez a resolução dessa questão, impeça a resolução de outras.

As condições para que a trajetória de um raio de luz ao incidir sobre um prisma tenha um desvio mínimo (δ) são dadas quando o ângulos de incidência, i_1 , do raio no prisma e i_2 , ângulo de saída do raio para o meio externo, todos em relação a normal, sejam iguais. Além disso, os ângulos de refração no interior do prisma, r_1 e r_2 , são iguais.

Matematicamente:

$$\delta = 2.i - 2.r \text{ aonde } i = i_1 = i_2 \text{ e } r = r_1 = r_2 .$$

Outro conceito é o de ângulo de refringência de um prisma sendo definido como $A = r_1 + r_2 . = 2r$ (nas condições de desvio mínimo).

Desta forma, para o problema em questão, sendo o ângulo de refringência do prisma igual a 60° , $A = 60^\circ$ e o ângulo de desvio mínimo igual a 30° , $\delta = 30^\circ$, teremos:

$$\delta = 2.i - 2.r \rightarrow 30^\circ = 2.i - 60^\circ \rightarrow 90^\circ = 2.i \rightarrow i = 45^\circ .$$

$$\text{Como } A = r_1 + r_2 . = 2r$$

$$60^\circ = 2.r \rightarrow r = 30^\circ$$

Essa questão requer, também, do aluno o conhecimento da 2ª. Lei da refração – $n_1 \cdot \sin\theta_i = n_2 \cdot \sin\theta_r$. Sabendo que o índice de refração do ar é aproximadamente o índice de refração do vácuo, possuindo seu valor igual a 1 e aplicando a fórmula teremos:

$$\begin{aligned} n_1 \cdot \sin\theta_i &= n_2 \cdot \sin\theta_r. & 1 \cdot \sin 45^\circ &= n_r \cdot \sin 30^\circ. \\ \sqrt{2} / 2 &= 1/2 \cdot n_r & n_r &= \sqrt{2}. \end{aligned}$$

02 - (EEAR 1/92) Se um raio luminoso incide normalmente na fronteira de separação de dois meios transparentes e diferentes:

- a).ele não sofre refração.
- c) o ângulo de refração é 90° .
- b).ele sofre refração total.
- d) ele sofre refração sem desvio.

Análise: A refração ocorre toda vez que a onda eletromagnética muda de meio, isto é, encontra um meio com índice de refração diferente. É comum, alguns alunos sugerirem que ocorre a refração toda vez que ocorrer o desvio. Uma situação especial de refração ocorre quando o raio incidente incide sobre a normal. Neste caso, o ângulo de incidência vale zero – uma vez que sua referência é a normal.

Assim, pela 2ª. Lei da refração ($n_1 \cdot \sin\theta_i = n_2 \cdot \sin\theta_r$) sendo o ângulo de incidência, (θ_i) igual a zero, seu seno também será zero.

Aplicando a fórmula, teremos:

$$\begin{aligned} n_1 \cdot \sin\theta_i &= n_2 \cdot \sin\theta_r. & 1 \cdot 0 &= n_r \cdot \sin\theta_r. \\ \sin\theta_r &= 0 & \theta_r &= 0^\circ \end{aligned}$$

Como o ângulo de refração é zero, isto significa que o raio refratado está também sobre a normal, sem que ocorra o desvio.

03 - (EEAR 2/91) Um feixe de luz branca é disperso ao atravessar um prisma de vidro. O raio de luz que sofre o menor desvio é o de cor:

- a).anil b) amarela c) violeta d) vermelha

Análise: Possui a maior velocidade, num mesmo meio, o raio de luz da cor vermelha, da mesma forma que esta apresenta o menor desvio. Maiores detalhes ver os comentários do pré-teste.

04 -(EEAR 1/92) Se um raio luminoso incide de forma rasante na fronteira de separação de dois meios transparentes e diferentes. Sendo o índice incidente menor que o de emergência:

- a).ele não sofre refração.
b) o ângulo de refração é 90° .
c).o ângulo de refração é o ângulo limite.
d) ele sofre refração sem desvio.

Análise: Incidência rasante é o nome dado quando o raio de luz incide em uma superfície de separação entre dois meios formando um ângulo de 90° em relação a normal. Nesta condição, quando o índice de refração do meio incidente é menor que o índice de refração do meio emergente, o raio de luz sofre refração sendo que o ângulo de refração recebe um nome especial: ângulo limite.

Usando o princípio da reversibilidade, o mesmo caminho que o raio de luz usa para seguir a trajetória do meio menos para o meio mais é o caminho que usará para seguir de mais para menos.

Esse ângulo estabelece o maior valor possível para que ocorra a refração, isto é, a mudança de um meio de propagação, com índice de refração maior para outro com índice de refração menor.

Usando o refrão da música: “...*De mais (refringente) para menos (refringente) afasta da normal*” percebemos que o ângulo de refração será

sempre maior que o de incidência atingido seu valor limite quando chegar a 90° .

O que aconteceria se o ângulo de incidência fosse maior que o ângulo limite, θ_c ?

- 05 - (EEAR 1993) Um raio luminoso, propagando-se no ar ($n_{\text{ar}} = 1$), atinge uma placa de vidro de índice de refração $n_{\text{vidro}} = 1,4$. Sendo de 30° o ângulo de incidência, o seno do ângulo de refração é:

a). 0,357 b) 0,500 c) 0,612 d) 0,753

Análise: conhecendo da 2ª. Lei da refração - $n_1 \cdot \sin\theta_i = n_2 \cdot \sin\theta_r$ - e aplicando a fórmula teremos:

$$\begin{aligned} n_1 \cdot \sin\theta_i &= n_2 \cdot \sin\theta_r & 1 \cdot \sin 30^\circ &= 1,4 \cdot \sin\theta_r \\ \sin\theta_r &= 0,5 / 1,4 & \sin\theta_r &= 0,357. \end{aligned}$$

- 06 - (EEAR 1/94) Em relação às luzes monocromáticas propagando-se num meio material, pode-se afirmar que a luz:

- a). amarela é mais lenta que a azul.
- b). vermelha apresenta índice de refração maior que a verde.
- c). violeta é mais lenta que a verde.
- d). violeta apresenta índice de refração menor que a vermelha.

Análise: Possui a menor velocidade, num mesmo meio, o raio de luz da frequência violeta. Assim, sendo a velocidade inversamente proporcional ao índice de refração, a cor violeta apresentará o maior índice de refração de todas as cores.

07 - (EEAR 2/94) Olhando-se um lápis colocado em um copo com água, tem-se a impressão de que está quebrado. Esse fenômeno é devido, em relação à luz, à:

- a). refração b) difração c) reflexão d) reverberação

Análise: Conceito de refração aplicado a uma experiência comum no dia-a-dia e de fácil reprodução em sala de aula.

08 - (EEAR 1/97 "B") A velocidade de uma luz monocromática num determinado meio é 0,85 da velocidade da luz no vácuo. O índice de refração desse meio é aproximadamente:

- a). 0,9 b) 1,2 c) 1,7 d) 1,9

Análise: Essa questão requer do aluno o conhecimento da formulação matemática do índice de refração, enquanto uma razão entre a velocidade da luz no vácuo, C , e a velocidade da luz monocromática no meio em que está inserida.

$$n_1 = C / v_1$$

Sendo, C , a velocidade da luz no vácuo, para todas as frequências, é igual a 300 000 Km/s. A velocidade da luz monocromática, assim como, seu índice de refração depende da frequência desta luz.

Observando a formulação, percebemos que o índice de refração é inversamente proporcional a velocidade desta luz no meio em questão. Usando o refrão da música:

"Quem tem o maior ângulo tem a maior velocidade e tem o menor índice de refração".

Além disso, como a velocidade máxima alcançada pela luz é de 300 000 Km/s o menor valor possível para o índice de refração é 1.

$$n_1 = C / v_1 \rightarrow n_1 \geq 1$$

Com os dados do problema, teremos:

$$n_1 = C / v_1$$

$$\text{Sendo } v_1 = 85\% \text{ de } C = 0,85.C$$

$$n_1 = C / 0,85.C$$

$$n_1 = 100/85 = 1,17 = 1,2.$$

09 - (EEAR 1/95) Completar corretamente.

Uma pessoa olha verticalmente para dentro de um aquário e vê um peixe a 3 cm da superfície. Sendo $4/3$ o índice de refração da água, o peixe está realmente a _____ cm da superfície.

a). 2,25

b) 4,00

c) 4,25

d) 5,00

Análise: A ilusão de observar que o fundo de uma piscina cheia parece mais rasa do que é realmente, parece ser um fato comum para o aluno. A sensação contrária, experimentada por um observador no interior da piscina cheia, de que os objetos que ele observa na realidade estão mais próximos do que ele imagina é, entretanto, um obstáculo mais difícil.

Se admitirmos que o observador encontra-se muito próximo da normal. Poderemos, depois de algumas manipulações matemática da fórmula de Snell-Descartes, chegar a uma proporcionalidade entre a distância real do objeto observado, (p) e a distância ilusória (p') criada pelo fenômeno da refração.

Quando o observador está fora da água, (p') é menor e quando ele está no interior da água (p') é maior. Assim, faremos o produto do menor índice de refração com a maior distância, seja ela real , p , ou ilusória, p' , e o igualaremos com o produto do maior índice com a menor distância.

Para observador está fora da água:

$$n_{\text{ar}} \cdot p = n_{\text{água}} \cdot p' \quad n_{\text{ar}} < n_{\text{água}} \ \& \ p > p'$$

Para observador está dentro da água:

$$n_{\text{ar}} \cdot p' = n_{\text{água}} \cdot p \quad n_{\text{ar}} < n_{\text{água}} \ \& \ p' > p$$

Para o problema em questão:

$$n_{\text{ar}} \cdot p = n_{\text{água}} \cdot p' \quad 1 \cdot p = 4/3 \cdot 3\text{cm}$$

$$p = 4\text{cm}.$$

Com uma adaptação da música , o aluno poderá criar um gancho de memória para o problema:

“O que preciso fazer? O que preciso saber? Para entender a refração. Basta traçar a normal e olhar os índices com muita atenção.

De menos (refringente) pra mais (refringente) aproxima da (superfície). De mais (refringente) para menos (refringente) afasta da (superfície).

- 10 - (EEAR 1/95) Um raio de luz monocromática incide na superfície de separação entre o ar e o vidro ($n_{\text{vidro}} = \sqrt{3}$), formando um ângulo de 30° em relação à superfície. O ângulo de refração é de:

- a). 60° b). 20° c). 30° d). 45°

Análise: Atenção! O ângulo informado pelo problema não é o de incidência. O valor do ângulo de incidência é 60° conhecendo da 2ª. Lei da refração – $n_1 \cdot \text{sen}\theta_i = n_2 \cdot \text{sen}\theta_r$ - e aplicando a fórmula teremos:

$$n_{\text{ar}} \cdot \text{sen}\theta_i = n_{\text{vidro}} \cdot \text{sen}\theta_r \quad 1 \cdot \text{sen}60^\circ = \sqrt{3} \cdot \text{sen}\theta_r.$$

$$\text{sen}\theta_r = (\sqrt{3}/2) / \sqrt{3} \quad \text{sen}\theta_r = 1/2.$$

$$\theta_r = 30^\circ.$$

4.5.4. Análise da Aplicação do teste após a aula teórica

As tabelas abaixo mostram o número de respostas dadas em cada opção pelas diferentes turmas. Em média o tempo gasto foi de 20 minutos para todas as turmas. As células em amarelo indicam a resposta certa.

TURMA A – sem música

Tabela 4.1 - um total de 25 alunos fizeram o teste.

	letraA	letraB	letraC	letraD	embranco
rf. 01	7	0	8	7	3
rf. 02	7	1	7	10	0
rf. 03	1	0	8	16	0
rf. 04	4	5	13	2	1
rf. 05	12	2	2	9	0
rf. 06	1	1	15	8	0
rf. 07	21	1	3	0	0
rf. 08	1	15	4	3	2
rf. 09	10	11	1	0	3
rf. 10	13	0	10	2	0

TURMA B – com música após a aula.

Tabela 4.2 - um total de 28 alunos fizeram o teste.

	letraA	letraB	letraC	letraD	embranco
rf. 01	7	3	9	4	5
rf. 02	7	1	7	12	1
rf. 03	1	0	3	24	0
rf. 04	3	5	15	5	0
rf. 05	16	3	2	3	4
rf. 06	1	2	20	5	0
rf. 07	26	0	2	0	0
rf. 08	1	19	1	3	4
rf. 09	9	12	4	0	3
rf. 10	10	0	15	2	1

TURMA C – com música e teste na outra aula.

Tabela 4.3 - um total de 22 alunos fizeram o teste.

	letraA	letraB	letraC	letraD	embranco
rf. 01	2	2	8	4	6
rf. 02	5	1	1	12	3
rf. 03	0	0	3	19	0
rf. 04	1	3	14	2	2
rf. 05	16	0	1	4	1
rf. 06	0	0	18	4	0
rf. 07	21	0	1	0	0
rf. 08	2	16	0	0	4
rf. 09	8	10	0	2	2
rf. 10	7	0	12	2	1

TURMA D – com música após a aula.

Tabela 4.1 - um total de 27 alunos fizeram o teste.

	letraA	letraB	letraC	letraD	embranco
rf. 01	7	0	12	5	3
rf. 02	6	1	7	13	0
rf. 03	0	0	6	21	0
rf. 04	2	5	20	0	0
rf. 05	18	2	2	4	1
rf. 06	0	4	15	8	0
rf. 07	27	0	0	0	0
rf. 08	0	19	4	1	3
rf. 09	9	13	2	1	2
rf. 10	12	0	13	2	0

A tabela abaixo nos dá um indicativo acerca do comportamento das quatro turmas.

Um total de 102 alunos fizeram os testes.

Tabela 5 - resultado geral da aplicação dos testes.

	letraA	letraB	letraC	letraD	em branco
nº. 01	23	5	37	20	17
nº. 02	25	4	22	47	4
nº. 03	2	0	20	80	0
nº. 04	10	18	62	9	3
nº. 05	62	7	7	20	6
nº. 06	2	7	68	25	0
nº. 07	95	1	6	0	0
nº. 08	4	69	9	7	13
nº. 09	36	46	7	3	10
nº. 10	42	0	50	8	2

Tabela 6- resultados em valores aproximados de porcentagem.

	letraA	letraB	letraC	letraD	em branco
nº. 01	22,00%	5,00%	36,00%	20,00%	17,00%
nº. 02	24,00%	4,00%	22,00%	46,00%	4,00%
nº. 03	2,00%	0,00%	20,00%	78,00%	0,00%
nº. 04	10,00%	17,00%	61,00%	9,00%	3,00%
nº. 05	61,00%	7,00%	7,00%	19,00%	6,00%
nº. 06	2,00%	7,00%	67,00%	24,00%	0%
nº. 07	93,00%	1,00%	6,00%	0,00%	0,00%
nº. 08	4,00%	67,00%	9,00%	7,00%	13,00%
nº. 09	35,00%	45,00%	7,00%	3,00%	10,00%
nº. 10	41,00%	0,00%	49,00%	8,00%	2,00%

Comentários sobre os resultados de cada questão:

1ª. Questão : Esta questão nos mostra que o número de alunos que acertaram, em todas as quatro turmas, foi maior do que os valores obtidos no pré-teste (questão nº. 2). Não era de se esperar um aumento muito grande, já que a questão necessita de uma formulação matemática pouco trabalhada em sala, normalmente, e de não mencionada na música.

A tabela abaixo mostra o número de acertos e os valores em porcentagem em relação ao número de alunos por turmas.

Tabela 7 – porcentagem de acertos nas quatro turmas da questão nº1

	Turma A	Turma B	Turma C	Turma D	Geral	Porcentagem
Teste	8 – 32%	9 – 32%	8 – 36%	12 – 44%	25 acertos	36%
Pré-teste	4 – 21%	5 – 20%	3 – 17%	8 – 32%	20 acertos	23%

2ª. Questão : Os valores mencionados na tabela se analisados, em função do número de alunos, refletem valores muito próximos para todas as turmas. O número de alunos que responderam corretamente situa-se na mesma faixa independentemente da turma. Entretanto, analisadas em função das porcentagem, observamos que as turmas submetidas as aulas com música obtiveram valores maiores que a turma A. Destaque para a turma C que superou os 50%. Não houve uma questão diretamente relacionada a esse assunto no pré-teste.

A tabela abaixo mostra o número de acertos e os valores em porcentagem em relação ao número de alunos por turmas.

Tabela 8 – porcentagem de acertos nas quatro turmas da questão nº2

	Turma A	Turma B	Turma C	Turma D	Geral	Porcentagem
Teste	10 – 40%	12 - 43%	12 – 54%	13 – 48%	47 acertos	46%

3ª. Questão : Questão teórica que é bastante utilizada em sala de aula. Foi cobrada na questão nº. 7 do pré-teste. Percebemos um aumento no percentual dos acertos totais de quase 30%. Destaque para as turmas B e C que obtiveram no pré-teste valores percentuais de 40% e 50% de acertos e no teste chegaram a 86% de acertos.

A tabela abaixo mostra o número de acertos e os valores em porcentagem em relação ao número de alunos por turmas.

Tabela 9 – porcentagem de acertos nas quatro turmas da questão nº3

	Turma A	Turma B	Turma C	Turma D	Geral	Porcentagem
Teste	16 – 64%	24 – 86%	19 – 86%	21 – 78%	80 acertos	78%
Pré-teste	8 – 42%	10 – 40%	9 – 50%	16 – 64%	43 acertos	49%

4ª. Questão : Os percentuais para as turmas C e D foram maiores que os da turma A e B. O fato de a turma D possuir alunos com uma formação estruturada ou de a turma C ter realizado o teste praticamente uma semana após o pré-teste – tendo assim tempo de aprofundar seu conhecimentos - talvez , seja a explicação da diferença entre seus valores com os da turma A e B que obtiveram valores praticamente iguais.

A tabela abaixo mostra o número de acertos e os valores em porcentagem em relação ao número de alunos por turmas.

Tabela 10 – porcentagem de acertos nas quatro turmas da questão nº4

	Turma A	Turma B	Turma C	Turma D	Geral	Porcentagem
Teste	13 – 52%	15 – 54%	14 – 64%	20 – 74%	62 acertos	61%

5ª. Questão : A questão solicita do aluno o conhecimento da Lei de Snell-Descartes. No pré-teste esse tópico foi cobrado na questão nº. 4. A variação na turma D foi de apenas 6%, enquanto na turma C esse aumento chegou a quase 50 %. As turmas A e B obtiveram valores da ordem de 30%.

A tabela abaixo mostra o número de acertos e os valores em porcentagem em relação ao número de alunos por turmas.

Tabela 11 – porcentagem de acertos nas quatro turmas da questão nº5

	Turma A	Turma B	Turma C	Turma D	Geral	Porcentagem
Teste	12 – 48%	16– 57%	16– 73%	18– 67%	62	61%
Pré-teste	4– 21%	7– 28%	5– 28%	15– 60%	31	36%

6ª. Questão : Questão teórica sobre a velocidade da luz no meio material depender de sua frequência. No pré-teste esse tópico foi cobrado na questão nº. 8. O aspecto curioso foi que apesar do número de alunos que acertaram a questão da turma D ter aumentado, de 15 para 18 alunos, seu aumento percentual foi menor entre as quatro turmas. Isto, talvez, reflita o fato de que as turmas consideradas “fortes” possuem maior facilidade na manipulação matemática da questão, deixando a desejar quando a questão envolve aspectos puramente teóricos.

Novamente a turma C apresenta valores acima das demais.

A tabela abaixo mostra o número de acertos e os valores em porcentagem em relação ao número de alunos por turmas.

Tabela 12 – porcentagem de acertos nas quatro turmas da questão nº6

	Turma A	Turma B	Turma C	Turma D	Geral	Porcentagem
Teste	15– 60%	20– 71%	18– 82%	15– 55%	68	67%
Pré-teste	10– 52%	12– 48%	7– 39%	18– 72%	47	54%

7ª. Questão : Questão envolvendo a definição da refração. No pré-teste esse tópico foi cobrado na questão nº. 5. Observamos um aumento expressivo em todas as turmas, mostrando que , em primeira análise, o conceito foi apreendida pela quase totalidade dos alunos.

A tabela abaixo mostra o número de acertos e os valores em porcentagem em relação ao número de alunos por turmas.

Tabela 13 – porcentagem de acertos nas quatro turmas da questão nº7

	Turma A	Turma B	Turma C	Turma D	Geral	Porcentagem
Teste	21– 84%	26– 93%	21– 95%	27– 100%	95	93%
Pré-teste	13– 68%	14– 56%	11– 61%	16– 64%	54	62%

8ª. Questão : Definição do índice de refração e que foi abordado no pré-teste na questão nº. 6. Um aspecto, não retratado na tabela e que é interessante registrar, tem origem no fato de que na realização dos pré-testes 32 alunos (37%) optaram por uma resposta inferior a um , mostrando claro desconhecimento da definição. Durante a aplicação dos testes esse número foi de 6 alunos (7%). Os desempenhos das turmas B e C mostram-se um pouco superiores ao da turma A.

A tabela abaixo mostra o número de acertos e os valores em porcentagem em relação ao número de alunos por turmas.

Tabela 14 – porcentagem de acertos nas quatro turmas da questão nº8

	Turma A	Turma B	Turma C	Turma D	Geral	Porcentagem
Teste	15– 60%	19– 68%	16– 73%	19– 70%	69	67%
Pré-teste	4– 21%	7– 28%	5– 28%	15– 60%	31	36%

9ª. Questão : Este assunto não foi cobrado na realização dos pré-testes. Pela análise dos resultados observamos que apresentou o mesmo nível de dificuldade para todas as turmas.

A tabela abaixo mostra o número de acertos e os valores em porcentagem em relação ao número de alunos por turmas.

Tabela 15 – porcentagem de acertos nas quatro turmas da questão nº9

	Turma A	Turma B	Turma C	Turma D	Geral	Porcentagem
Teste	11– 44%	12– 43%	10– 45%	13– 48%	46	45%

10ª. Questão : Desenvolvimento da Lei de Snell-Descartes. Como grau de dificuldade o ângulo informado não era o de incidência e sim o ângulo formado pelo raio de luz e superfície de separação. O número de alunos que sabiam a formulação e que não levaram em consideração esse fato pode ser medido pelo número de respostas na letra a. No total 42 alunos foram iludidos pela formulação matemática. Esse número representa cerca de 41%. Assim sendo, não fosse o obstáculo imposto pela interpretação do problema, quase 100% dos alunos teria acertado a questão

A tabela abaixo mostra o número de acertos e os valores em porcentagem em relação ao número de alunos por turmas.

Tabela 16 – porcentagem de acertos nas quatro turmas da questão nº10

	Turma A	Turma B	Turma C	Turma D	Geral	Porcentagem
Teste	10- 40%	15- 54%	12- 55%	13- 48%	50	49%
Pré-teste	8- 42%	10- 40%	7- 39%	12- 48%	37	43%

Avaliando o número de questões acertadas e erradas nos quatro testes, obtemos o gráfico abaixo. Este nos mostra que 60% dos alunos acertaram as questões e 40% as erraram.

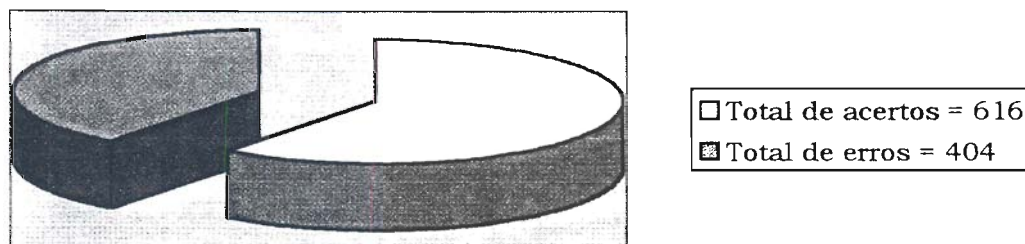
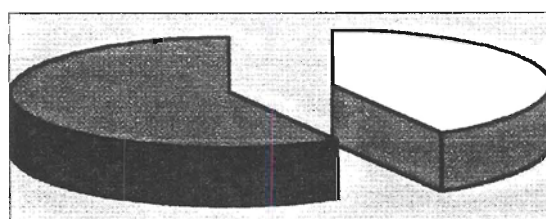


Fig.10 – erros e acertos

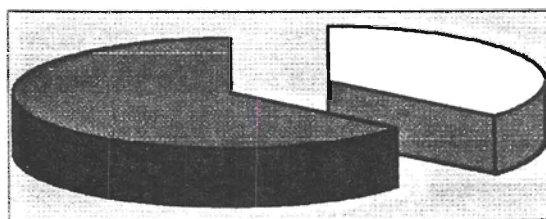
Podemos também avaliar o comportamento geral das turmas em relação ao seu respectivo pré-teste.

Figura 12.a - turma A:



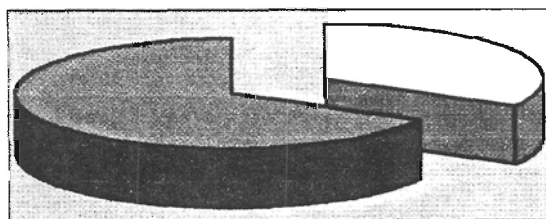
□	Porcentagem de acertos no pré-teste = 37%
■	Porcentagem de acertos no teste = 52%

Figura 12.b - turma B:



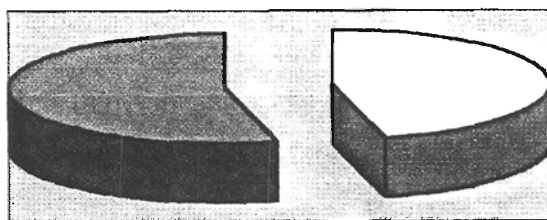
□	Porcentagem de acertos no pré-teste = 34%
■	Porcentagem de acertos no teste = 60%

Figura 12.c -turma C:



- Porcentagem de acertos no pré-teste = 33%
- Porcentagem de acertos no teste = 66%

Figura 12.d -turma D:



- Porcentagem de acertos no pré-teste = 37%
- Porcentagem de acertos no teste = 63%

Com uma avaliação visual, dos gráficos acima, podemos perceber que as turmas B e C obtiveram um desenvolvimento melhor, cerca de 30%, que os valores obtidos nos pré-testes. As turmas A e D obtiveram também um aumento, porém inferior, 15% e 9%. Podemos notar que a turma C apresentou maior rendimento. Justamente a turma que teve uma semana para “digerir” a música. Principalmente nas questões trabalhadas no refrão.

6. Conclusão

A utilização da música na sala de aula já é uma realidade em vários locais do país. Diversos professores, lecionando de matemática a literatura, adotaram e desenvolveram métodos para que sua implementação fosse possível. O lançamento da coleção vestibular – aprender agora é show, ano passado, pela Abril Multimídia, mostra que essa realidade também chegou a grande mídia. É possível que, neste momento, em diversas partes do país, um aluno que tenha tido acesso a uma banca de jornal possa estar ouvido o cd do professor Pachecão ou um dos outros sete títulos lançados.

As possibilidades de variações do desenvolvimento inicial apresentado pelo projeto são muito grandes. O que, num primeiro momento, apresentou-se como uma experiência a ser aplicada para alunos de cursinhos preparatórios, pode ser adequada para as diversas séries do ensino médio. Mesmo sua utilização no ensino fundamental ou no ensino superior poderia ser avaliada.

Não podemos afirmar que os resultados obtidos com a análise dos testes sejam definitivos. Esses resultados apontam um aumento de acertos nas turmas aonde a utilização da música fez parte da metodologia. As questões conceituais trabalhadas pelas estrofes da música parecem ter contribuído para esse aumento. Acredito que um estudo mais aprofundado poderia esclarecer melhor os resultados obtidos. Diversas variáveis, podem ter influenciado de maneira decisiva na nossa avaliação, alterando assim o resultado encontrado. Qual seria o desempenho dos alunos, se tivessem acesso as letras do cd por um tempo maior ? A turma C que realizou os teste com uma semana de diferença obteve os melhores resultados. O que terá acontecido nesta semana ? Teriam eles se motivados a estudar o assunto ? Até aonde a falta de habilidade na manipulação matemática das fórmulas pode ter afetado os resultados ? Qual o verdadeiro papel do professor neste processo ? Sua atuação pode influenciar de forma decisiva ou não os resultados ?

A única certeza que tenho é que o processo adiciona aspectos lúdicos e está relacionado ao cotidiano dos alunos. O resultado marcante da utilização da música é um aumento da freqüência nas aulas, do comprometimento e da motivação por parte da classe que pode ser medida pelos diários de classe ou

nos bate-papos informais na cantina. A física deixa de ser uma matéria chata como um monte de fórmulas para decorar e passa a ter um aspecto agradável e palpável possível de ser apreendida.

“Se o ato de brincar implica na utilização de regras ou no domínio de uma habilidade, o aprendizado será intrínseco ao ato de jogar com aquele material e/ou idéia. Assim sendo, uma brincadeira aparentemente desinteressada, o sujeito pode se “abastecer” inconscientemente de informações (através de sua ação). (4 – 214).

Talvez o aspecto mais problemático seja conseguir que o professor, acuado por suas condições de trabalho (falta de material, local, sua condição salarial que o empurra a buscar o maior número de escolas, a desaprovação de um projeto “tão moderninho” por parte de coordenadores) além de seu real despreparo, para desenvolver ou se aventurar nesse processo, assuma esse desafio. Percebendo que cada turma, ou melhor, cada aluno, possui seu próprio ritmo e que, a aproximação ao conhecimento científico se faz gradualmente, primeiro o aluno constrói repertório de imagens, fatos e noções, sendo que o estabelecimento dos conceitos científicos se configura nos momentos posteriores.

Enquanto o profissional não conseguir transpor o muro entre ele e seus alunos, compreendendo seu real papel como facilitador de uma educação em que ele não ensina nada, mas que conduz o aluno a suas próprias descobertas, não estaremos, de fato, exercendo nossa tarefa como educadores.

“Os alunos têm idéias acerca do seu corpo, dos fenômenos naturais e dos modos de realizar transformações no meio; são modelos com uma lógica interna, carregados de símbolos da sua cultura. Convidados a expor suas idéias para explicar determinado fenômeno e a confrontá-las com outras explicações, eles podem perceber os limites de seus modelos e a necessidade

de novas informações; estarão em movimento de resignificação”.(2-33)

O que podemos esperar do projeto ? O grande mérito da experiência esta no fato de que, uma vez o processo iniciado, é impossível imaginar quais serão as formulações apresentadas pelos alunos. Como se posicionar frente às concepções errôneas apresentadas pelo aluno? O PCN nos apresenta uma orientação:

“O erro faz parte do processo de aprendizagem e pode estar expresso em registros, respostas, argumentações e formulações incompletas dos alunos. O erro precisa não ser tratado como incapacidade de aprender, mas como elemento que sinaliza ao professor a compreensão efetiva do aluno, servindo, então, para reorientar a prática pedagógica e fazer com que avance na construção de seu conhecimento. O erro é um elemento que permite ao aluno entrar em contato com seu próprio processo de aprendizagem, perceber que há diferenças entre o senso comum e os conceitos científicos(...)” (2-37).

Finalizando, é importante ressaltar que nada do exposto aqui poderá ser realmente colocado em prática sem a adoção de uma atitude responsável, como exposto no PCN :

“Mas esse processo não é espontâneo; é constituído com a intervenção do professor. É o professor quem tem condições de orientar o caminhar do aluno, criando situações interessantes e significativas, fornecendo informações que permitam a reelaboração e a ampliação dos conceitos prévios, propondo articulações entre os conceitos construídos, para reorganizá-los em um corpo de conhecimentos sistematizados.” E que “Ao professor cabe selecionar, organizar e problematizar conteúdos de modo a promover um avanço no desenvolvimento intelectual do aluno na sua construção como ser social.” (2- pág 33)

7. Bibliografia

1. DE CARVALHO, ANNA MARIA PESSOA. *Ciências no ensino fundamental: o conhecimento científico*. 1.ed. São Paulo, Scipione, 1998. (Pensamento e Ação no Magistério.)
2. SECRETARIA DE EDUCAÇÃO FUNDAMENTAL. *Parâmetros curriculares nacionais: Ciências Naturais*. Brasília.MEC/SEF. 1997.
3. LA TAILLE, YVES DE. *Piaget, Vygotsky, Wallon: teorias psicogenéticas em discussão*. 1.ed. São Paulo. Summus. 1992.
4. NARDI, ROBERTO. *Pesquisa em ensino de Física*. 1.ed. São Paulo. Escrituras. 1998.
5. BRASIL. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional*.
6. GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. *Física 2*. São Paulo: Universidade de S. Paulo, 1991.
7. CHATEAU, JEAN. *O jogo e a criança discussão*. 1ª.ed. São Paulo. Summus. 1987. (tradução: Guido de Almeida).
8. SECRETARIA DE EDUCAÇÃO FUNDAMENTAL. *Parâmetros curriculares nacionais: matemática*. Brasília.MEC/SEF. 1997.
9. PÁGINA DO PACHECÃO. www.pachecao.com.br.
10. RAMALHO JÚNIOR, F. *Os Fundamentos da Física, Volume 2*. Editora Moderna, São Paulo, (5ª. edição, 1989).
11. GASPAR, ALBERTO. *Física – Volume 2*. Editora Ática, São Paulo (1ª. edição, 2000)
12. GUIMARÃES, LUIS ALBERTO. *Física para o 2º. grau. Volume 2*. Editora Harbra, São Paulo, (1ª. edição, 1998).
13. CALÇADA, CAIO. *Física Clássica. Ondas*, Editora Atual, São Paulo, 1999.
14. FERREIRA, GIL MARCOS. *Novíssimo curso vestibular – Física IV*. Editora Nova Cultural, São Paulo. 1991.

8. Anexos:

Anexo I - letra da música.

14 Bateu, Bateu e Entrou

Letra: Pacheco / Música: Julinho Carvalho

Quando a coisa (luz)
Bate e volta (reflexão)
Quando a coisa (luz)
Bate e entra (refração)

Pode bater e voltar
Pode bater e entrar
Que tudo isso é curtição

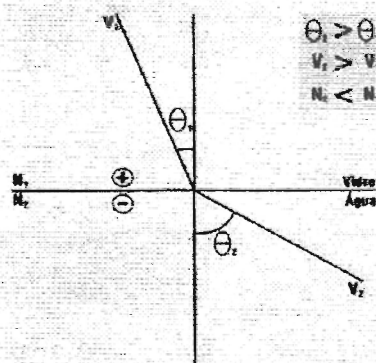
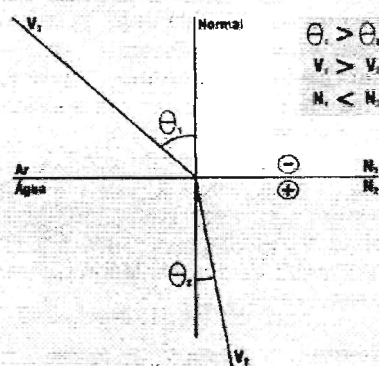
Toda vez que a coisa (luz)
Muda de meio
Muda de velocidade
Mas a frequência
Permanece constante
Pois isso ninguém pode mudar

O que preciso fazer?
O que preciso saber?
Para entender a refração
Basta traçar a normal
E olhar os índices
Com muita atenção

De menos (refringente)
Pra mais (refringente)
Aproxima da normal
De mais (refringente)
Para menos (refringente)
Afasta da normal

Quem tem o maior ângulo
Tem a maior velocidade
E tem o menor índice de refração

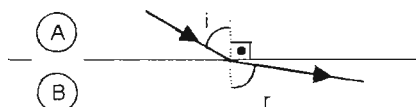
Se a coisa bate e volta, acontece a reflexão; e se bate e entra, acontece a refração. Qual você prefere? Na verdade, seja onde for o seu vestibular, vai haver uma questão pedindo a trajetória da luz, a relação de velocidades nos meios ou a relação de índices de refração quando ela passa de um meio a outro. É só traçar a normal e cantar.



Anexo II - Pré-teste

- 01 - (EEAR 1/88) Um raio luminoso se propaga de um meio A para um meio B, conforme a figura. Em relação aos índices de refração n_A e n_B dos meios, podemos afirmar que:

- a). $n_A > n_B$
- b). $n_A \geq n_B$
- c). $n_A = n_B$
- d). $n_A < n_B$



- 02 - (EEAR 1/88) Um raio luminoso sofre desvio mínimo de 20° ao atravessar um prisma, cujo ângulo da refração é 40° . O ângulo de emergência desse raio, em graus, será de:

- a). 30
- b). 45
- c). 60
- d). 90

- 03 - (EEAR 2/88) O fenômeno da miragem é devido a:

- a). Forma esférica da Terra.
- b). Dispersão da luz pela atmosfera.
- c). Variação do índice de refração do ar.
- d). Variação do índice de refração do ar.

- 04 - (EEAR 2/88) Um raio luminoso propagando-se no ar atinge uma placa de vidro transparente de índice de refração igual a 1,6. Sendo de 30° o ângulo de refração, o seno do ângulo de incidência é:

- a). 0,40
- b). 0,50
- c). 0,70
- d). 0,80

- 05 - (EEAR 2/94) Olhando-se uma colher colocada em um copo com água, tem-se a impressão de que está quebrada. Esse fenômeno é devido, em relação à luz, à:

- a). refração
- b). difração
- c). reflexão
- d). reverberação

- 06 - (EEAR 1/89) A luz reduz sua velocidade em 20% ao passar do vácuo para uma placa de vidro, cujo índice de refração é de:

- a). 0,55
- b). 0,80
- c). 1,25
- d). 1,50

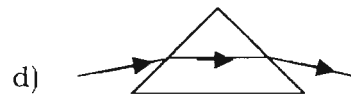
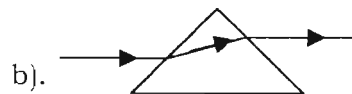
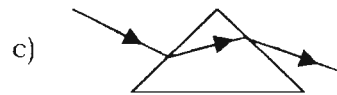
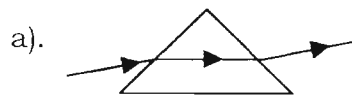
07 - (EEAR 2/91) Um feixe de luz branca é disperso ao atravessar um prisma de vidro. O raio de luz que sofre o menor desvio é o de cor:

- a). anil b) amarela c) violeta d) vermelha

08 - (EEAR 1/95) Em relação à velocidade de propagação de luzes monocromáticas, pode-se afirmar corretamente que a luz:

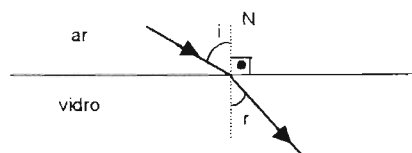
- a). vermelha é mais lenta que a violeta no vácuo.
b). violeta é mais rápida que a vermelha num meio material.
c). Violeta é mais rápida que a vermelha no vácuo.
d). vermelha é mais rápida que a violeta num meio material

09 - (EEAR 1/90) Nos desenhos seguintes, que procuram mostrar a trajetória de um raio luminoso atravessando um prisma de vidro colocado no ar, o correto é:



10 - (EEAR 1/90) Um raio de luz monocromático, ao passar do ar para o vidro, sofre uma refração conforme a figura. O índice de refração do vidro, para essa luz, vale: (Dados: $n_{\text{ar}} = 1$ e $\sin r / \sin i = \sqrt{3}/3$)

- a). $\sqrt{3}$
b). 3
c). $3\sqrt{3}$
d). $9\sqrt{3}$



Anexo III - Teste

- 01 - (EEAR 2/88) Determinar o índice de refração de um prisma, para uma certa luz monocromática, sabendo-se que o ângulo do prisma é 60° e o desvio mínimo para essa luz é de 30° .
- a).0,5 b) 1,2 c) $\sqrt{2}$ d) 2
- 02 - (EEAR 1/92) Se um raio luminoso incide normalmente na fronteira de separação de dois meios transparentes e diferentes:
- a).ele não sofre refração. c) o ângulo de refração é 90° .
b).ele sofre refração total. d) ele sofre refração sem desvio.
- 03 - (EEAR 2/91) Um feixe de luz branca é disperso ao atravessar um prisma de vidro. O raio de luz que sofre o menor desvio é o de cor:
- a).anil b) amarela c) violeta d) vermelha
- 04 - (EEAR 1/92) Se um raio luminoso incide de forma rasante na fronteira de separação de dois meios transparentes e diferentes. Sendo o índice incidente menor que o de emergência:
- a).ele não sofre refração.
b) o ângulo de refração é 90° .
c).o ângulo de refração é o ângulo limite.
d) ele sofre refração sem desvio.
- 05 - (EEAR 1993) Um raio luminoso, propagando-se no ar ($n_{\text{ar}} = 1$), atinge uma placa de vidro de índice de refração $n_{\text{vidro}} = 1,4$. Sendo de 30° o ângulo de incidência, o seno do ângulo de refração é:
- a). 0,357 b) 0,500 c) 0,612 d) 0,753
- 06 - (EEAR 1/94) Em relação às luzes monocromáticas propagando-se num meio material, pode-se afirmar que a luz:
- a). amarela é mais lenta que a azul.
b). vermelha apresenta índice de refração maior que a verde.
c). violeta é mais lenta que a verde.
d). violeta apresenta índice de refração menor que a vermelha.
- 07 - (EEAR 2/94) Olhando-se um lápis colocado em um copo com água, tem-se a impressão de que está quebrado. Esse fenômeno é devido, em relação à luz, à:
- a). refração b) difração c) reflexão d) reverberação

- 08 - (EEAR 1/97 "B") A velocidade de uma luz monocromática num determinado meio é 0,85 da velocidade da luz no vácuo. O índice de refração desse meio é aproximadamente:
- a). 0,9 b) 1,2 c) 1,7 d) 1,9
- 09 - (EEAR 1/95) Completar corretamente.
Uma pessoa olha verticalmente para dentro de um aquário e vê um peixe a 3 cm da superfície. Sendo $\frac{4}{3}$ o índice de refração da água, o peixe está realmente a _____ cm da superfície.
- a). 2,25 b) 4,00 c) 4,25 d) 5,00
- 10 - (EEAR 1/95) Um raio de luz monocromática incide na superfície de separação entre o ar e o vidro ($n_{\text{vidro}} = \sqrt{3}$), formando um ângulo de 30° em relação à superfície. O ângulo de refração é de:
- a). 60° . b). 20° . c). 30° . d). 45° .

Anexo IV - Biografia do professor Pachecão

Esta biografia foi retirada da página oficial do professor Pachecão na internet como consta na bibliografia [9].

Um professor diferente "malucão", intérprete e compositor - que faz todos os alunos cantarem nas salas de aula e revoluciona o ensino da física. Nascia há alguns anos atrás na pequena e pacata cidade de Laranjal (interior de Minas Gerais), mais precisamente no dia 29/07/59, o professor mais bonito do Brasil, José Inácio da Silva Pereira, o Pachecão. Em Laranjal, viveu toda a sua inspirada infância e um pouco da sua interminável juventude. Aos 16 anos abandona Laranjal e vai estudar em Campos-RJ (Colégio Agrícola Antônio Sarlo), terminado o colegial tenta vestibular para Agronomia em Alegre-ES e em mais cinco outras universidades, não conseguindo sucesso volta para o Rio de Janeiro para estudar em cursinho e no outro ano vai para São Paulo, onde é aprovado no vestibular para Engenharia Química, época que mais estudou em sua vida (16 horas por dia), dois anos depois abandona o curso e segue para Belo Horizonte, onde cursou Engenharia Mecânica, na PUC-Minas e vive até hoje.

Começa a dar aulas em 82, como monitor de Física na PUC e no curso pré-vestibular Palomar, em Belo Horizonte. Naquela época, o então plantonista "zezinho" (antigo apelido de Pachecão) fazia muito sucesso entre os alunos, devido a sua espontaneidade ao tirar suas dúvidas. "Quando morava em Laranjal, fui ensinar minha mãe como chegar a determinado lugar e ela se impressionou com a facilidade em que a expliquei e brincando falou comigo que eu daria certo como professor." diz ele. Conhecido pelo seu jeito extrovertido de dar aula, Pachecão conseguiu quebrar o "tabu" existente entre professor e aluno. "Nos colégios por onde passei convivi com professores bravíssimos, professoras que mal sorriam e quando isto faziam mal abriam a boca, foi somente nos cursinhos que conheci professores legais que me despertaram o prazer em aprender ." comenta. Decidiu ser professor de cursinho no último dia de aula, quando foi convidado para cantar "Trem das Onze" na sala com o seu professor,

"...a energia daquela galera me contagiou, não esqueço nunca, foi uma experiência maravilhosa ." Lembra.

Como todo jovem, ele também teve que passar pelo vestibular prestou em várias cidades do Brasil, 13 vezes no total (o quê?!), conseguindo sua primeira aprovação em 59º lugar. "Foi fantástico, tinha um cara pior do que eu na sala. Eram 60 alunos. Tudo que esse cara pensava eu pedia pra ele falar pra mim primeiramente, para fazer uma análise do que ele estava pensando, pois eu era melhor do que ele." lembra .Em sua primeira aula como professor de cursinho pré-vestibular, Pachecão recebeu a "ádua" missão de ensinar uma turma na qual o último professor empregado havia pedido demissão do cargo, pois não conseguia dar aulas naquela turma "Entrei na sala, e foi aquele agito - queda de braço, bolinhas de papel, buchas de papel molhado no quadro, arrasto de carteiras, enfim, foi um delírio geral e eu ali. Apaguei o quadro, peguei a lixeira e dei um bico pro fundo da sala e um outro bico no armário de lata perto do quadro, nisto a galera parou, subi na mesa e pensei: posso ser mandado embora sem sequer dar uma aula, mas isso aqui não vai ficar assim não, cantei Piranhão e a galera aplaudiu...cadernos voaram, livros foram chutados, carteiras entortadas, por um instante pensei: O que estou fazendo aqui, cara?! Nunca vi isso antes, meu Deus! Aula mesmo não teve, ficamos conversando e nos tornamos amigos, dai pra frente nossa convivência foi harmoniosa, mas todos os dias tinha que cantar uma música, então, pensei em unir o útil ao agradável, como os alunos gostavam de me ver cantar, porque não cantar músicas de física?! E foi o que fiz, comecei a compor depois desse dia.

Devido a boa aceitação de suas músicas entre os alunos, Pachecão resolveu lançar um disco (Teoricamente Práticos), com duas faixas "Piranhão" e "Amor, mete ou late" ."Como sou professor de física, por onde passava, as pessoas me perguntavam, se era um disco sobre a matéria. Resolvi então fazer um CD, com as músicas sobre Física. Surgiu então "Odeio Física" (CD cujo o título é sempre mencionando pelos jovens do mundo inteiro, quando são perguntados o que acham da matéria.) traz músicas que ensinam as "chatas" fórmulas e exercícios de Física. "Nos vestibulares , sempre sou procurado por

alunos que dizem ter lembrado das músicas para resolver as questões da prova...isso é maravilhoso". Um ano após o sucesso do primeiro CD, Pachecão lança Adoro Física "Apesar do nome ser o contrário do primeiro, o objetivo do disco é o mesmo, ajudar meus alunos a aprenderem física de uma forma mais dinâmica."

Nos dias de hoje, as dicas do mestre Pacheco e de outros grandes professores deste país, podem ser aprendidas numa brincadeira. Foi lançado "O Jogo do Vestibular" pela Estrela, onde jovens ou até mesmo crianças podem ampliar seus conhecimentos, respondendo perguntas inéditas sobre todas as matérias, de um modo bastante interativo. "Está em todas as lojas do ramo e é um jogo muito interessante, nele os estudantes aprendem brincando, como nas aulas do Pachecão." diz o próprio.

Texto: Pachecão / Ricardo Bello